

EVALUASI HIDROLIS MENGGUNAKAN EPANET 2.2 PADA PIPA DISTRIBUSI AIR MINUM DI DMA 2.8 ZONA 2 SPAM GEDEBAGE, KOTA BANDUNG

HENDRA HERMAWAN^{1*}, MOHAMAD RANGGA SURURI¹, DIDIN AGUSTIAN PERMADI¹

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Email: hendra.hermawan90@gmail.com

ABSTRAK

Target RPJMN Tahun 2020-2024 untuk SPAM perpipaan adalah peningkatan akses air minum menjadi 100%, yang meliputi peningkatan jaringan perpipaan menjadi 30% dan penurunan tingkat NRW menjadi 25%. Oleh karena itu, PERUMDA Tirtawening melaksanakan peningkatan pelayanan SPAM perpipaan di Blok Gedebage dengan memanfaatkan sistem DMA untuk memenuhi target RPJMN. Terdapat 23 DMA yang dipasang, termasuk DMA 2.8 yang berada pada Kelurahan Margasari, Kecamatan Buahbatu, Kota Bandung, yang mampu melayani 2.146 SR dengan panjang pipa distribusi 12.972 meter. Metodologi penelitian ini melibatkan penelusuran jalur yang terpasang di lapangan, diikuti dengan melakukan simulasi hidrolis pada jalur tersebut. Simulasi menggunakan software EPANET 2.2, yang melibatkan data berupa tingkat konsumsi air, elevasi tanah, pola penggunaan air, serta data teknis jaringan distribusi. Hasil simulasinya dievaluasi dengan syarat hidrolis yang diatur oleh Permen PU No. 18 Tahun 2007. Hasil evaluasi mengindikasikan bahwasanya semua nodes memenuhi standar sisa tekan (10-80) m/km, 66% links menunjukkan kecepatan di bawah 0,3 m/detik, dan 2% links menunjukkan headloss melebihi 10 m/km. Perbaikan dapat dilakukan dengan memperkecil diameter pipa pada 66% links hingga kecepatannya berada pada 0,3-3,0 m/detik dan memperbesar diameter pipa pada 2% links hingga headloss berada di bawah 10 m/km.

Kata kunci: EPANET, evaluasi hidrolis pipa, Kecamatan Buahbatu, SPAM Gedebage

ABSTRACT

The 2020-2024 National Medium-Term Development Plan for piped water access is to achieve 100% access to portable water, which entails expanding the piped network to 30% and decreasing the NRW rate to 25%. Consequently, Tirtawening Regional Water Company is enhancing piped water delivery services in the Gedebage Block through the implementation of the DMA system. A total of 23 DMAs have been installed, including DMA 2.8 situated in Margasari Village, Buahbatu District, Bandung City, which is capable of serving 2,146 home connection with a distribution pipe length of 12,972 meters. This research methodology entails mapping the installed network and conducts hydraulic simulations utilizing EPANET 2.2, incorporating water consumption, land elevation, water usage patterns, and technical specifications of the distribution network. The simulation outcomes were assessed as stated by Minister of Public Works Regulation number 18 of 2007, show all nodes meet the residual pressure standard (10-80 m/km), but 66% of links have velocities under 0.3 m/s and 2% exceed the 10 m/km headloss limit. Improvements can be made by reducing pipe diameters in 66% of links to achieve velocities between 0.3-3.0 m/s and increasing the pipe diameter on 2% of the links until the headloss is below 10 m/km.

Keywords: Buahbatu District, EPANET, Gedebage drinking water supply system, pipe hydraulic evaluation

1. PENDAHULUAN

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 mendefinisikan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan satu kesatuan sarana dan prasarana air minum yang berfungsi dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif. SPAM diselenggarakan sebagai bentuk pelayanan bagi publik untuk menjamin hak mereka atas akses air minum. Sementara itu, Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 mengenai Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 mencatat bahwasanya hingga tahun 2018, cakupan pelayanan SPAM perpipaan baru mencapai 20,14% dari total rumah tangga di Indonesia. RPJMN 2020-2024 menyebutkan pengembangan SPAM perpipaan termasuk dalam proyek prioritas strategis, dengan target penyediaan akses air minum perpipaan bagi 10 juta sambungan rumah (SR). Tujuan akhirnya adalah mengembangkan akses air minum layak sampai 100% di tahun 2024, dengan 30% di antaranya berasal dari jaringan perpipaan. Selain itu, program ini juga menargetkan menurunnya tingkat kehilangan air ataupun *non-revenue water* (NRW) dari 33% menjadi 25%.

Perusahaan Umum Daerah (PERUMDA) Tirtawening Kota Bandung bertanggung jawab atas pengelolaan SPAM di Kota Bandung. Kapasitas produksi PERUMDA Tirtawening Kota Bandung sebesar ± 2.914 L/detik dapat melayani sebanyak 155.000 SR, atau 72% dari total penduduk di Kota Bandung, angka tersebut perlu ditingkatkan untuk mendukung target RPJMN 2020-2024 (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018). Peraturan Daerah Kota Bandung Nomor 5 Tahun 2022 mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandung Tahun 2022-2042 memaparkan wilayah Blok Gedebage sebagian besar digunakan sebagai area perumahan. PERUMDA Tirtawening Kota Bandung (2018) menyebutkan Blok Gedebage adalah salah satu area yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan pelayanan SPAM. Sejak 2017, perluasan pelayanan SPAM perpipaan di Blok Gedebage telah direncanakan oleh PERUMDA Tirtawening yang disebut dengan SPAM Gedebage karena tingkat pelayanan SPAM perpipaan di Blok Gedebage baru sebesar 18,03%, atau 11.728 SR, dan tingginya potensi pelanggan dapat bertambah, yaitu mencapai 81,97% atau 53.306 SR (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018). Jaringan perpipaan distribusi baru akan dibangun untuk Blok Gedebage untuk perluasan pelayanan, dengan rencana debit pelayanan sebesar 700 L/detik untuk 50.000 SR dan memanfaatkan IPA Cikalong di Kabupaten Pangalengan sebagai sumber air baku (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018). Peneliti terdahulu menyatakan seringkali sistem jaringan perpipaan yang tersedia tidak dapat mengoptimasi parameter hidrolis utama seperti kecepatan ($< 0,3$ m/detik), dan kehilangan tekan yang melebihi 10 m/km (Kusaeri dan Sururi, 2024; Sarungallo dan Wardhani, 2016).

Jaringan distribusi yang panjangnya mencapai puluhan hingga ratusan kilometer merupakan komponen penting dari SPAM, adapun kebocoran merupakan salah satu tantangan yang dihadapi jaringan distribusi (Fakhirah dkk., 2020; Sukmawardani dkk., 2021). Kebocoran yang dihadapi PERUMDA Tirtawening Kota Bandung sendiri mencapai 40% di tahun 2015 (Putro dan Ferdian, 2016), oleh karena itu distribusi air minum di SPAM Gedebage dirancang untuk memanfaatkan *district meter area* (DMA) (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018) sebab dengan menggunakan DMA, kebocoran dapat dikendalikan secara aktif karena DMA dapat membagi suatu sistem menyeluruh menjadi beberapa subsistem kecil sehingga NRW dapat dihitung terpisah pada setiap subsistem (Farley dkk., 2008; Sun dkk., 2019). Oleh karena itu, untuk meminimalkan risiko tidak optimumnya jaringan pipa, SPAM Gedebage dirancang untuk memiliki 23 DMA, di antaranya adalah DMA 2.8 yang

berada pada area timur Kelurahan Margasari, Kecamatan Buahbatu, Kota Bandung (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018).

Area pelayanan DMA 2.8 direncanakan dapat melayani pelanggan sebanyak 2.146 SR. Jenis pipa yang akan dipasang adalah HDPE PN 8, dengan 5 jenis diameter, yakni 200 mm, 160 mm, 110 mm, 90 mm, serta 63 mm. Adapun keseluruhan panjang pipa yang direncanakan untuk dipasang di wilayah DMA 2.8 sepanjang 12.972 m (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018). Tahap perencanaan pada wilayah DMA 2.8 telah melalui simulasi hidrolis dan diharapkan pemasangan pipa dapat sesuai perencanaan. Namun, pada umumnya hasil perencanaan dapat berbeda dengan kondisi eksisting di lapangan (Nudja, 2018). Menghindari kemungkinan ketidak optimuman sistem jaringan pipa, simulasi hidrolis perlu dilakukan kembali ketika jaringan terpasang, termasuk mengidentifikasi perubahan antara perencanaan dan pemasangan pipa, khususnya pada DMA 2.8 yang belum pernah dilakukan simulasi hidrolis ataupun evaluasi hidrolis.

Berlandaskan pemaparan sebelumnya, maka penelitian ini mensimulasikan jaringan perpipaan yang telah dipasang di wilayah DMA 2.8 dan melakukan evaluasi hidrolis sehingga dinamika pemasangan pipa yang sudah dilakukan tidak menghasilkan masalah hidrolis. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria hidrolis pada pipa distribusi menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) Nomor 18 Tahun 2007 mengenai Penyelenggaraan SPAM, yakni: sisa tekan pada rentang 10-80 meter agar air dapat dialirkan pada rumah yang berlantai dua tanpa harus dibantu dengan pompa (Apritama dkk., 2020); kecepatan aliran paling kecil 0,3 m/detik untuk menghindari endapan di dalam pipa (Fauziah dkk., 2021; Talanipa dkk., 2022; Yosua dan Sururi, 2015) serta paling besar 3,0 m/detik berguna dalam pencegahan terpecahnya pipa (Sukmawardani dkk., 2021); dan kehilangan tekanan (*headloss*) paling besar 10 m/km untuk mencegah kasus terhentinya aliran air, terutama pada rumah berlantai dua (Apritama dkk., 2020).

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

DMA 2.8 Zona 2 SPAM Gedebage terletak pada koordinat 6°57' bujur timur dan 107°40' lintang selatan, merupakan bagian dari Kelurahan Margasari, Kecamatan Buahbatu, Kota Bandung. Wilayah DMA 2.8 memiliki luas 0,39 km², yaitu 24% dari luas Kelurahan Margasari (2,56 km²). Peta administrasi wilayah DMA 2.8 Zona 2 SPAM Gedebage dapat dilihat pada Gambar 1. Batas wilayah DMA 2.8 adalah (BIG, 2018; BPS Kota Bandung, 2021): (1) Bagian selatan adalah Kelurahan Mekarjaya, Kecamatan Rancasari (DMA 2.9); (2) Bagian utara adalah Kelurahan Manjahlega, Kecamatan Rancasari (DMA 2.5 dan DMA 2.6); (3) Bagian timur adalah Kelurahan Mekarjaya, Kecamatan Rancasari (Sub-Zona 1); (4) Bagian barat adalah Kelurahan Margasari, Kecamatan Buahbatu (DMA 2.9).

Zona 2 SPAM Gedebage terdiri dari 12 DMA dan 24 sub-DMA. Sebelum air disalurkan menuju *water meter* induk zona 2, air disalurkan melalui pipa JDU berdiameter 630 mm. Selanjutnya air dialirkan menuju setiap *water meter* DMA dengan pipa JDU berdiameter 500 mm, 400 mm, 375 mm, 250 mm, dan 200 mm. Pada DMA 2.8 yang menjadi lokasi penelitian, air disalurkan dari *water meter* induk melalui pipa JDU berdiameter 500 mm, lalu dihubungkan dengan pipa JDU berdiameter 200 mm hingga ke *water meter* DMA 2.8 yang terdiri dari sub DMA 5-8 (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2023). Penentuan diameter pipa distribusi utama telah diperhitungkan agar kebutuhan air minum dapat tersalurkan hingga ujung wilayah pelayanan, dengan memperhitungkan sisa tekan di *water meter* induk DMA

(4-6 bar) agar nilai sisa tekan di setiap titik wilayah pelayanan dapat memenuhi kriteria hidrolis yang disyaratkan (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018). Air minum dari *water meter* DMA 2.8 dialirkan dengan pipa distribusi pembawa dengan diameter 200 mm, 160 mm, dan 110 mm lalu dialirkan menuju pipa pelayanan berdiameter 90 mm dan 63 mm. Akhirnya air dialirkan menuju pipa SR hingga air minum dapat sampai ke keran konsumen (PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2022). Lebih jelasnya, jalur pipa distribusi di DMA 2.8 bisa ditinjau dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta Jaringan Perpipaan Distribusi Air Minum di DMA 2.8

2.2 Pengumpulan Data

Data yang terkumpul di studi ini yakni data sekunder yang berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Indonesia dan PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, diperoleh pada periode Juli 2023 hingga Oktober 2023. Data digunakan sebagai referensi untuk simulasi hidrolis dengan EPANET 2.2. Adapun jenis, fungsi, dan sumber data disajikan dalam Tabel 1.

2.3 Simulasi Hidrolis dengan *Software* EPANET 2.2

Setelah seluruh data sekunder diperoleh, data tersebut diolah sehingga bisa menghasilkan *backdrop*, serta *input* untuk *nodes* dan *links* pada EPANET 2.2. *Input* data untuk *nodes* berupa elevasi tanah dan *base demand*. Sedangkan *input* data untuk *links* berupa panjang pipa, diameter pipa, serta jenis pipa. Terkhusus jenis pipa, dipergunakan untuk menentukan nilai koefisien kekasaran pipa (C_{HW}), di mana jenis pipa yang digunakan di DMA 2.8 adalah pipa HDPE PN8. Simulasi hidrolis dilakukan menggunakan persamaan 1 dari Hazen-Williams (Triadmadja, 2018):

$$Q = 0,2785 C_{HW} D^{2,63} \left(\frac{hf}{L} \right)^{0,54} \dots\dots(1)$$

di mana: hf = kehilangan energi atau tekanan mayor (m), D = diameter pipa (m), L = panjang pipa (m), Q = debit air dalam pipa (m³/detik).

Tabel 1. Data Sekunder untuk Penelitian

No.	Data	Fungsi	Sumber
1	Peta Administrasi di DMA 2.8	Mengetahui batas administrasi wilayah pelayanan DMA 2.8.	BIG Indonesia
2	Peta Jalur Pipa di DMA 2.8	Mengetahui jalur pipa untuk memasang <i>nodes</i> dan <i>links</i> , juga sebagai backdrop pada EPANET 2.2	PERUMDA Tirtawening Kota Bandung
3	Peta Topografi di DMA 2.8	Mengetahui elevasi untuk diisi pada setiap <i>nodes</i> di EPANET 2.2	BIG Indonesia
4	Jumlah SR dan Debit Pelayanan di DMA 2.8	Menentukan pembagian debit pada setiap <i>nodes</i> di EPANET 2.2	PERUMDA Tirtawening Kota Bandung
5	Dimensi, Panjang, dan Jenis Pipa Terpasang di DMA 2.8	Mengetahui dimensi, panjang, dan jenis pipa sebagai acuan untuk isian pada <i>links</i> dan <i>nodes</i> pada simulasi EPANET 2.2	PERUMDA Tirtawening Kota Bandung
6	Fluktuasi Penggunaan Air di DMA 2.8	Mengetahui pola pemakaian air, terutama saat pada jam puncak untuk evaluasi hidrolis menggunakan EPANET 2.2	PERUMDA Tirtawening Kota Bandung

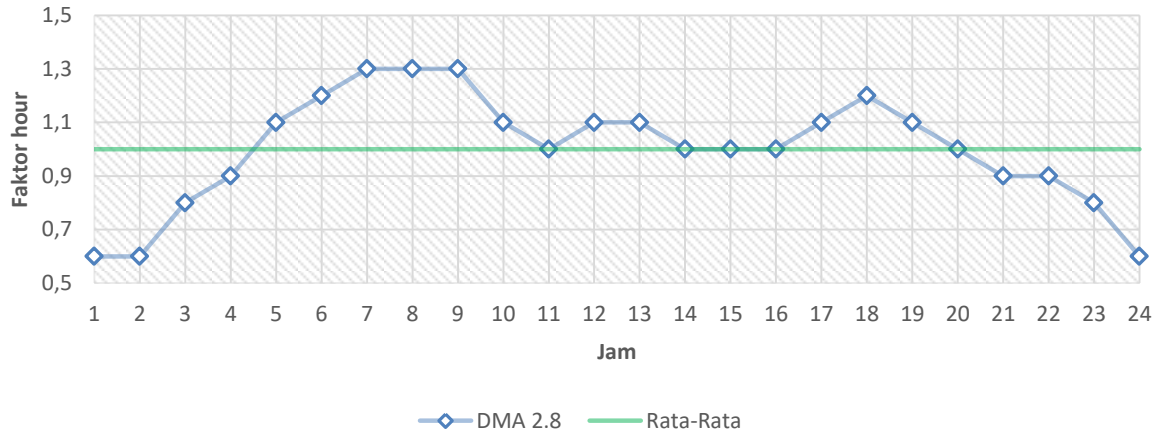
Setelah simulasi hidrolis, hasil yang diperoleh selama jam puncak dievaluasi dengan mengacu pada kriteria hidrolis yang diamanatkan Permen PU Nomor 18 Tahun 2007 mengenai Penyelenggaraan SPAM. Kriteria hidrolis yang diatur mencakup: (1) sisa tekan berkisar antara 10-80 meter; (2) kecepatan berkisar antara 0,3-3,0 m/detik; (3) *headloss* tak melampaui 10 m/km.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pola Pemakaian Air

Fluktuasi pemakaian air digunakan dalam mengamati ketercukupan debit terhadap pola pemakaian air di daerah yang diukur (Sucahyo dan Badaruddin, 2023). Pola pemakaian air di DMA 2.8 dapat dilihat pada Gambar 2. Umumnya, kenaikan pemakaian air terjadi pada waktu ibadah umat Islam (Triadmadja, 2018), di mana mayoritas masyarakat di Kecamatan Buahbatu beragama Islam (BPS Kota Bandung, 2021). Penggunaan air biasanya tinggi di pagi hari karena berkaitan dengan kegiatan seperti mencuci dan mandi sebelum beraktivitas (Fauziah dkk., 2021). Selain itu, *peak* di Indonesia umumnya terjadi dua kali yakni pada pagi hari sebelum masyarakat beraktivitas, dan sore hari setelah beraktivitas (Sururi dkk., 2023). *Peak* terjadi antara pukul 04.00-05.00 WIB, 12.00-13.00 WIB, dan 17.00-19.00 WIB, di mana air wudu sebelum salat dapat mempengaruhi pemakaian air yang cukup signifikan (Triadmadja, 2018). *Peak* pertama di DMA 2.8 muncul di pagi hari jam 07.00-09.00 WIB dengan faktor 1,3. *Peak* kedua muncul di jam 17.00-19.00 WIB disebabkan karena telah kembalinya masyarakat ke rumah dari aktivitas di luar rumah dan mandi setelah melaksanakan aktivitas. Penurunan pemanfaatan air di malam hari, terutama di antara jam 23.00-02.00 WIB, disebabkan karena minimnya aktivitas masyarakat karena sedang beristirahat (Wicaksi, 2019). Pada malam hari, penggunaan air biasanya terbatas untuk

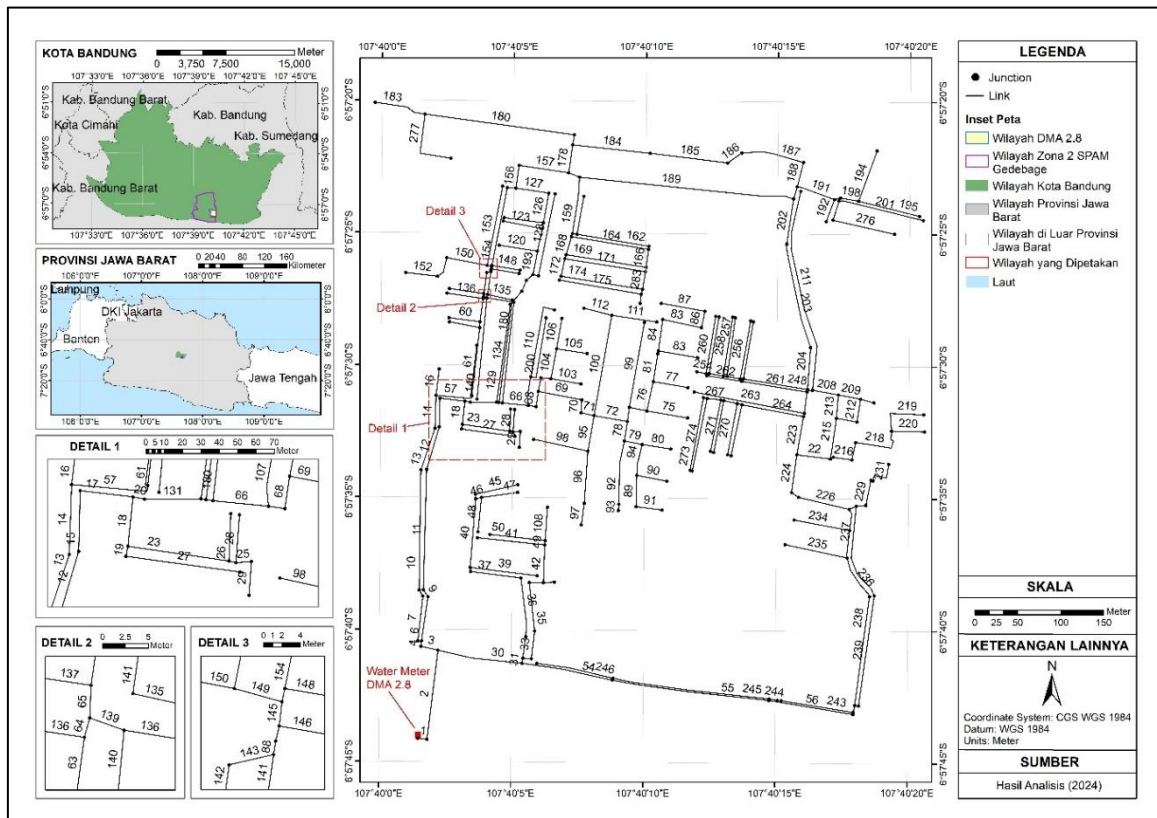
aktivitas seperti berwudu dan penggunaan kamar kecil. Selain itu, ada juga beberapa orang yang mempunyai kebiasaan merendam pakaian di malam hari untuk kemudian dicuci keesokan paginya (Syahputra, 2020).



Gambar 2. Pola Pemakaian Air di DMA 2.8
(Sumber: PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, 2018)

3.2 Evaluasi Hidrolis Jaringan Distribusi Air Minum

Simulasi hidrolis dilaksanakan terhadap parameter sisa tekan, kecepatan, dan *headloss* menggunakan *software* EPANET 2.2 yang dilaksanakan pada jam puncak di DMA 2.8 Zona 2 SPAM Gedebage, yakni pukul 07.00-09.00 WIB seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

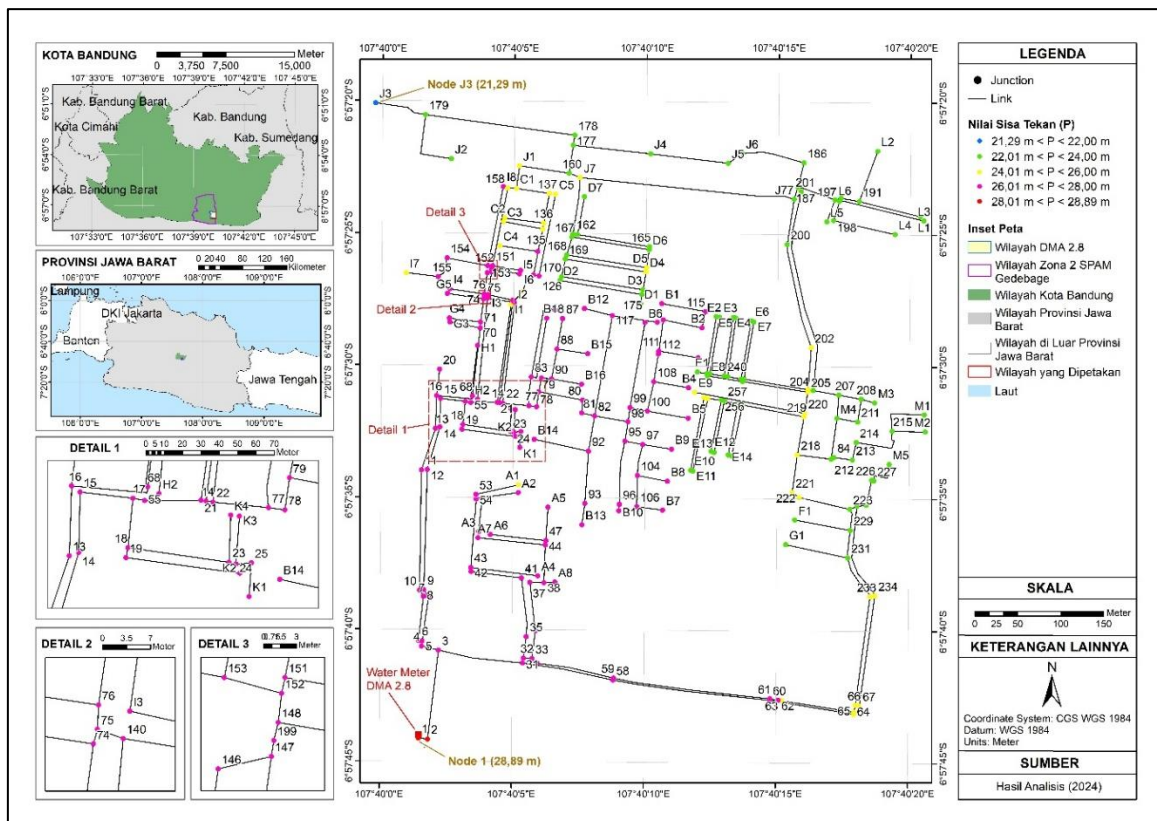


Gambar 3. Nodes ID untuk Simulasi Hidrolis menggunakan EPANET 2.2

Evaluasi Hidrolis menggunakan EPANET 2.2 pada Pipa Distribusi Air Minum di DMA 2.8 Zona 2 SPAM Gedebage, Kota Bandung



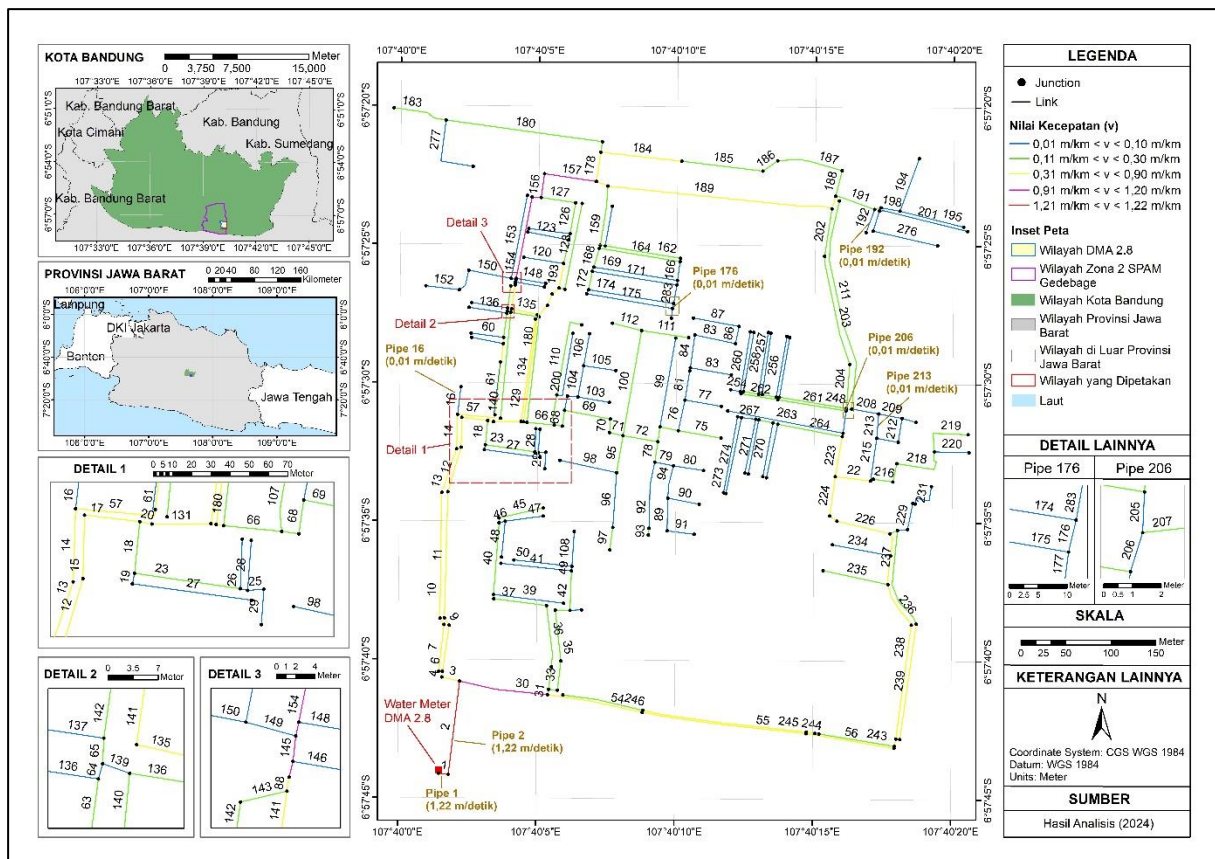
Gambar 4. Links ID untuk Simulasi Hidrolis menggunakan EPANET 2.2



Gambar 5. Hasil Simulasi menggunakan EPANET 2.2 pada Parameter Sisa Tekan

Terdapat 258 *nodes* dan 272 *links* yang dibuat untuk simulasi ini. *Nodes ID* dapat dilihat pada Gambar 3, di mana data yang dimasukkan pada setiap *nodes* adalah elevasi pada setiap titik *nodes* tersebut yang berkisar pada rentang 665-667 mdpl. *Links ID* bisa diamati pada Gambar 5, di mana data yang dimasukkan untuk *links* yakni panjang pipa, diameter pipa, serta angka kekasaran pipa. Panjang pipa dan diameter pipa yang dimasukkan pada setiap *links* dapat dilihat pada Gambar 4. Jenis pipa yang digunakan di DMA 2.8 adalah HDPE, di mana menurut (Setiawan, 2000), pipa HDPE memiliki angka kekasaran sebesar 130.

Simulasi sisa tekan menghasilkan nilai dalam rentangan 21,29-28,89 m, di mana nilai yang terkecil terletak pada *node* J3 dan yang terbesar terletak pada *node* 1. Seluruh *nodes* pada hasil simulasi tersebut telah memenuhi nilai sisa tekan yang diatur oleh Permen PU Nomor 18 Tahun 2007 sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan untuk menaikkan atau menurunkan nilai sisa tekan. Nilai sisa tekan dari simulasi hidrolis bisa ditinjau di Gambar 5.



Gambar 6. Hasil Simulasi menggunakan EPANET 2.2 pada Parameter Kecepatan

Simulasi kecepatan pada jam puncak di DMA 2.8 menghasilkan nilai dalam rentangan 0,01-1,22 m/detik, di mana nilai yang terkecil terletak pada *link* Pipe 16, 176, 192, 206, dan 213. Sedangkan nilai kecepatan terbesar terletak pada *link* Pipe 1 dan 2. Hanya sebanyak 66 *links* atau 24% *links*, yang memenuhi syarat kriteria kecepatan Permen PU Nomor 18 Tahun 2007, di mana 206 *links* lainnya merupakan *links* dengan nilai tidak mencapai 0,3 m/detik. Hasil simulasi hidrolis untuk kecepatan aliran dapat dilihat pada Gambar 6, menunjukkan bahwa kecepatan pada sebagian besar *links* berada di bawah 0,3 m/detik. Hal ini terjadi

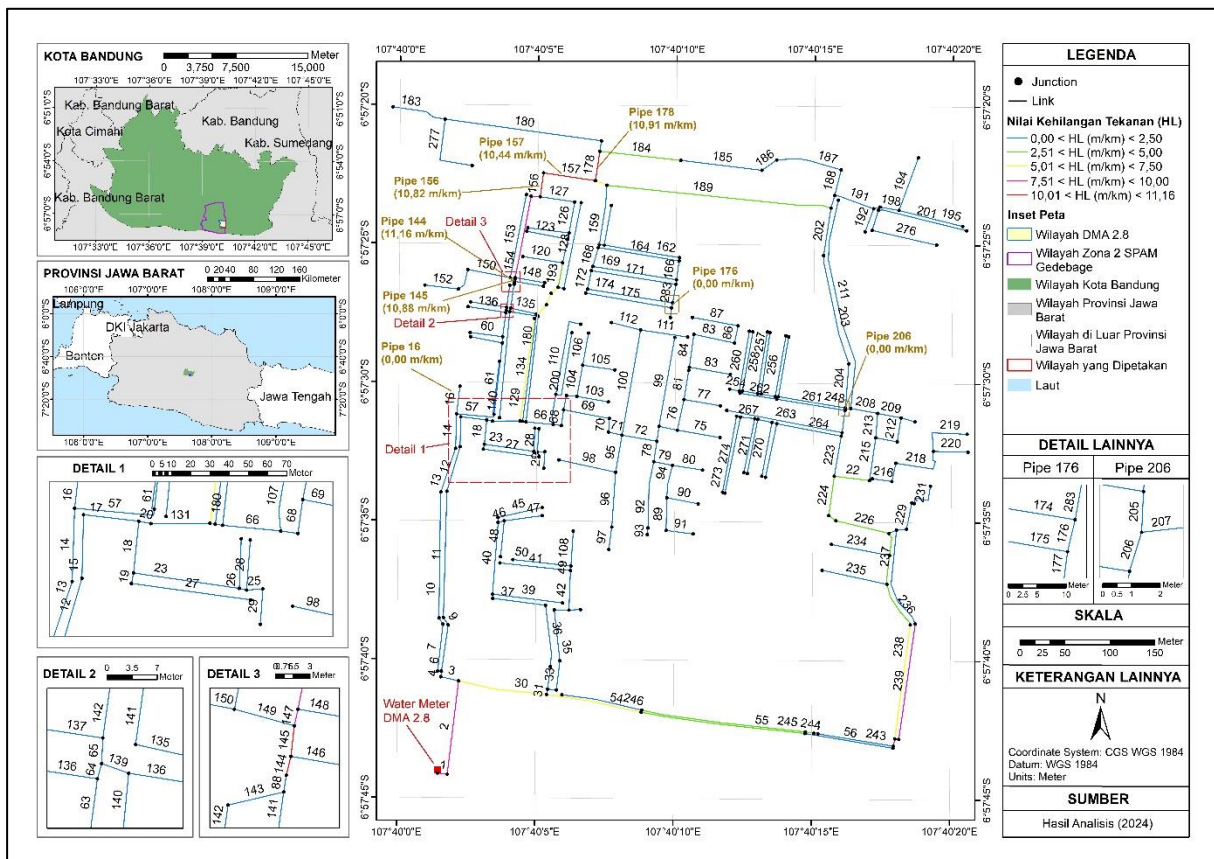
Evaluasi Hidrolis menggunakan EPANET 2.2 pada Pipa Distribusi Air Minum di DMA 2.8 Zona 2 SPAM Gedebage, Kota Bandung

karena diameter pipa yang sangat besar jika dibanding dengan debit aliran di dalamnya (Nugroho dkk., 2018). Dapat dijelaskan juga dengan persamaan 2:

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2)$$

di mana: v = kecepatan aliran (m/detik); Q = debit aliran (m^3/detik); dan A = luas penampang pipa (m^2). Persamaan di atas menunjukkan bahwa nilai debit sebanding dengan nilai kecepatan aliran pada pipa, sedangkan besarnya diameter pipa berbanding terbalik dengan nilai kecepatan (Permen PU Nomor 18 Tahun 2007). Maka, perbaikan yang dapat dilakukan untuk menaikkan nilai kecepatan adalah dengan mengganti diameter pipa menjadi lebih kecil pada titik *links* yang nilai kecepataannya masih di bawah 0,3 m/detik (Nugraha dkk., 2017; Nugroho dkk., 2018).

Simulasi *headloss* pada jam puncak di DMA 2.8 menghasilkan nilai dalam rentangan 0,00-11,16 m/km, di mana nilai *headloss* yang terkecil terletak pada *link* Pipe 16, 176, dan 206 sedangkan nilai *headloss* yang terbesar terletak pada *link* 144. Terdapat 2%, yaitu 5 dari 272 *links* yang nilainya tidak memenuhi syarat dari Permen PU Nomor 18 Tahun 2007, yaitu pada *link*: Pipe 144 = 11,16 m/km; Pipe 178 = 10,91 m/km; Pipe 145 = 10,88 m/km; Pipe 156 = 10,82 m/km; dan Pipe 157 = 10,44 m/km. Selain dari *links* tersebut, nilai *headloss* telah memenuhi syarat dari Permen PU Nomor 18 Tahun 2007. Nilai *headloss* dari simulasi hidrolis dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Simulasi menggunakan EPANET 2.2 pada Parameter *Headloss*

3.3 Komparasi dengan Studi Terkait dan Tantangan di Masa Depan

Hasil simulasi menunjukkan masih terdapatnya nilai *headloss* yang melebihi 10 m/km. Kondisi tersebut menandakan terdapat pipa dengan diameter yang terlalu kecil dibanding dengan debit air yang mengalir di dalamnya, serta jarak tempuh air yang cukup panjang (Wulandari dan Santosa, 2021). Perbaikan yang dapat dilakukan untuk menurunkan nilai *headloss* adalah dengan mengganti diameter pipa menjadi lebih besar pada titik *links* yang memiliki nilai *headloss* di atas 10 m/km (Nugroho dkk., 2018; Wulandari dan Santosa, 2021), di mana semakin besar luas penampang pipa maka semakin kecil nilai *headloss* yang dihasilkan (Rahayu dkk., 2021).

Hasil simulasi di DMA 2.8 menunjukkan kecenderungan serupa dengan simulasi di *Samanea Hill*, Kecamatan Parung Panjang, Kabupaten Bogor oleh Kusaeri dan Sururi (2024), yakni sisa tekan yang memenuhi standar, namun standar kecepatan dan *headloss* belum terpenuhi seluruhnya. Perbedaan terdapat pada sisa tekan di *Samanea Hill* dapat terpenuhi karena dipasangnya *pressure reducing valve* (PRV) untuk menurunkan sisa tekan, yang tidak dilakukan di DMA 2.8.

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, SPAM perpipaan termasuk dalam target nasional dalam RPJMN 2020-2024 sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa evaluasi hidrolis perlu dilakukan kembali ketika jaringan perpipaan distribusi di DMA 2.8 dikembangkan di masa depan, dengan mempertimbangkan data pendukung seperti kondisi jaringan yang terbatas dan konsumsi air yang kompleks sehingga diharapkan survei lapangan dan pemutakhiran basis data dapat dilakukan secara berkala.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi hidrolis selama jam puncak (07.00-09.00 WIB) menunjukkan bahwa pipa terpasang di DMA 2.8 umumnya sesuai kriteria hidrolis Permen PU Nomor 18 Tahun 2007 untuk parameter sisa tekan (100% sesuai) dan *headloss* (98% sesuai), namun hanya 24% yang sesuai standar kecepatan. Nilai sisa tekan diperoleh berkisar antara 21,29-28,89 m, masih memenuhi standar yang ditetapkan (10-80 m). Kecepatan tercatat antara 0,01-1,22 m/detik, sedangkan standar berkisar antara 0,30 dan 3,00 m/detik. *Headloss* berada pada rentang 0,00-11,16 m/km, dengan standar yang ditetapkan tidak melebihi 10 m/km. Rekomendasi perbaikan yaitu mengganti diameter pipa menjadi lebih kecil pada 66% *links* yang kekepatannya di bawah 0,30 m/detik hingga setiap perubahan diameter pipa mendapatkan kecepatan pada rentang 0,30-3,00 m/detik, serta memperbesar diameter pipa hingga mendapatkan *headloss* di bawah 10 m/km pada *links*: Pipe 144, Pipe 178, Pipe 145, Pipe 156, dan Pipe 157.

DAFTAR PUSTAKA

- Apritama, M. R., Suryawan, I. W. K., dan Adicita, Y. (2020). Analisis hidrolis dan jejak karbon jaringan distribusi air bersih di pulau kecil padat penduduk (Pulau Lengkang Kecil, Kota Batam). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 227-235.
- BIG. (2018). Peta per Wilayah. Diunduh dari <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah>
- BPS Kota Bandung. (2021). Kecamatan Buahbatu dalam Angka. Bandung: Badan Pusat Statistik Kota Bandung.
- Fakhirah, S. P. F., Sururi, M. R., dan Sutadian, A. D. (2020). Evaluasi Hidrolis pada Jaringan Distribusi PDAM Tirta Jati Kabupaten Cirebon Sistem Cibodas. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2).

- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., dan Singh, S. (2008). Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer.
- Fauziah, K. R., Pandjaitan, N., dan Karunia, T. U. (2021). Analisis Sistem Distribusi Air Bersih di Perumahan Ciomas Permai Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(2), 107-120.
- Kusaeri, M. H., dan Sururi, M. R. (2024). Evaluasi Hidrolis Distribusi Air Minum di Samanea Hill, Kecamatan Parung Panjang, Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 179-195.
- Nudja, K. (2018). Penjadwalan Kembali Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Pada Pembangunan Bangunan Atas Jembatan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 7(2), 196-209.
- Nugraha, I. R., Sururi, M. R., dan Lina Apriyanti, S. (2017). Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum PDAM Tirta Kerta Raharja Cabang Teluknaga Kabupaten Tangerang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 23(1), 87-98.
- Nugroho, S., Meicahayanti, I., dan Nurdiana, J. (2018). Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda). *Teknik*, 39(1), 62-66.
- PERUMDA Tirtawening Kota Bandung. (2018). Detail Engineering Design (DED) Pipa Distribusi dan DMA Zona Gedebage. Bandung.
- PERUMDA Tirtawening Kota Bandung. (2022). Rencana Kerja dan Syarat-Syarat Khusus Reviu Pekerjaan Pembangunan DMA pada Sub Zona 2 SPAM Gedebage.
- PERUMDA Tirtawening Kota Bandung. (2023). Peta Rencana Jaringan Perpipaan SPAM Blok Gedebage.
- Putro, H. P. H., dan Ferdian, D. (2016). Efektivitas Biaya Konsumsi Air Bersih di Daerah yang Belum Terlayani PDAM di Kota Bandung. *Plano Madani*, 5(2), 103-113.
- Rahayu, P., Putri, D. K., Rosalina, R., dan Indriyani, N. (2021). Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss. *AGITASI: Jurnal Teknik Kimia*, 1(2), 23-32.
- Sarungallo, G. A., dan Wardhani, E. (2016). Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Pontianak Selatan Kota Pontianak Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Reka Lingkungan*, 4(1), 49-56.
- Setiawan, M. D. (2000). *Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum*. Jakarta: Ekamitra Engineering.
- Sucahyo, S. E., dan Badaruddin, M. (2023). Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Menggunakan Simulasi Epanet 2.0 Tahun 2023-2027. *Jurnal Georafflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 8(2), 149-155.
- Sukmawardani, M. A., Sururi, M. R., dan Sutadian, A. D. (2021). Evaluasi Hidrolis Jaringan Distribusi Air Minum Sistem Beber PDAM Tirta Jati Kabupaten Cirebon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 058-067.
- Sun, C., Parellada, B., Puig, V., dan Cembrano, G. (2019). Leak Localization in Water Distribution Networks Using Pressure and Data-Driven Classifier Approach. *Water*, 12(1), 54.
- Sururi, M. R., Dirgawati, M., Wiliana, W., Fadlurrohman, F., dan Widiyati, N. (2023). Performance Evaluation of Domestic Waste Water Treatment System In Urban Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100507.
- Syahputra, B. (2020). Penentuan Faktor Jam Puncak dan Harian Maksimum Terhadap Pola Pemakaian Air Domestik Di Kecamatan Kalasan, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Lingkungan Sultan Agung*, 1(1), 1-15.

- Talanipa, R., Putri, T. S., Rustan, F. R., dan Yulianti, A. T. (2022). Implementasi Aplikasi EPANET Dalam Evaluasi Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kolaka. *INFORMAL: Informatics Journal*, 7(1), 46-58.
- Triadmadja, R. (2018). *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wicaksi, B. G. (2019). Penelitian Faktor Jam Puncak Pemakaian Air Bersih pada Dua Kriteria Gedung Hotel yang Berbeda di Kota Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, 19(1), 9-14.
- Wulandari, R. D., dan Santosa, B. (2021). Analisis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Perumahan Golden Vienna 1 Dan 2 Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 20(1), 84-97.
- Yosua, H., dan Sururi, M. R. (2015). Pemilihan Skenario Kebutuhan Air Minum pada Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum di Kecamatan Cipondoh, Kota Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Reka Lingkungan*, 3(2), 86-96.