

Evaluasi dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Minum di PDAM Tirta Bhagasasi: Studi Kasus Cabang Babelan dan Cabang Sukatani

Niesa Hanum Mistoro^{1*}, Andik Yulianto², Noviani Ima Wantoputri³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding Email: niesa.mistoro@uii.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk yang pesat di wilayah Babelan dan Sukatani, Kabupaten Bekasi, menyebabkan peningkatan signifikan terhadap kebutuhan air minum. Hal ini menjadi tantangan bagi PDAM Tirta Bhagasasi dalam menyediakan layanan distribusi air yang andal dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem jaringan distribusi air minum eksisting serta merancang pengembangan jaringan yang lebih optimal dalam menjawab kebutuhan hingga tahun 2041. Metode yang digunakan meliputi proyeksi pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air minum, evaluasi kapasitas Instalasi Pengolahan Air (IPA), pemodelan hidraulik menggunakan EPANET 2.0, dan estimasi biaya pengembangan sistem distribusi. Hasil proyeksi menunjukkan bahwa jumlah penduduk Babelan dan Sukatani akan meningkat menjadi masing-masing 418,390 jiwa dan 149,700 jiwa pada tahun 2041, dengan kebutuhan air mencapai 481.8 L/detik di Babelan dan 172.5 L/detik di Sukatani. Kapasitas eksisting IPA tidak mencukupi kebutuhan tersebut, terutama di Sukatani yang hanya memiliki kapasitas operasional 44 L/detik. Simulasi hidraulik menunjukkan bahwa sistem jaringan distribusi berbasis *looping* lebih unggul dibandingkan sistem *branching* dalam meningkatkan tekanan air dan efisiensi distribusi. Namun, sistem *looping* memerlukan investasi yang lebih tinggi, yaitu sekitar Rp 15 miliar, dibandingkan dengan Rp 10 miliar untuk sistem *branching*. Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar PDAM Tirta Bhagasasi meningkatkan kapasitas IPA serta mengimplementasikan sistem jaringan *looping* untuk menjamin ketersediaan dan kualitas layanan air minum dalam jangka panjang, khususnya di wilayah dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi.

Kata kunci: Distribusi air minum, EPANET, sistem *looping*, proyeksi kebutuhan air, kapasitas IPA,

ABSTRACT

Rapid population growth in the Babelan and Sukatani areas of Bekasi Regency has significantly increased the demand for clean water, posing a challenge for PDAM Tirta Bhagasasi in maintaining a reliable and sustainable drinking water supply. This study aims to evaluate the performance of the existing water distribution network and propose an optimized development plan to meet projected demand through 2041. The methodology includes population and water demand projections, evaluation of Water Treatment Plant (WTP) capacity, hydraulic simulation using EPANET 2.0, and cost estimation for network development. The results show that by 2041, the population in Babelan and Sukatani is projected to reach 418,390 and 149,700 people respectively, with corresponding water demands of 481.8 L/s and 172.5 L/s. The existing WTP capacities are insufficient, particularly in Sukatani, which currently operates at only 44 L/s. Hydraulic simulation indicates that a looping distribution system is more effective than a branching system in improving water pressure and reducing losses. However, implementing a looping system requires a higher investment, estimated at approximately IDR 15 billion, compared to IDR 10 billion for a branching system. Given these findings, the study recommends that PDAM Tirta Bhagasasi prioritize increasing WTP capacity and adopt a looping-based distribution network to ensure long-term service reliability,

particularly in high-growth areas. This approach offers both technical and economic benefits for future water supply planning and can serve as a model for other regions facing similar challenges.

Keywords: *Drinking water distribution, EPANET, looping system, water demand, WTP capacity.*

1. Pendahuluan

PDAM Tirta Bhagasasi merupakan perusahaan daerah yang bertanggung jawab dalam penyediaan air minum di wilayah Kabupaten Bekasi yang memiliki tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan air minum masyarakat akibat pesatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk serta pertumbuhan sektor industri dan komersial di wilayah ini, kebutuhan akan pasokan air minum yang stabil dan berkualitas terus meningkat (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bekasi, 2021). Tantangan ini semakin diperparah dengan distribusi jaringan air minum yang belum optimal, terutama di Cabang Babelan dan Cabang Sukatani yang memiliki cakupan layanan rendah dibandingkan dengan kebutuhan yang terus bertambah (PDAM Tirta Bhagasasi, 2020). Berdasarkan data dari PDAM Tirta Bhagasasi, cakupan pelayanan di Cabang Babelan baru mencapai 53.86%, sedangkan di Cabang Sukatani cakupannya hanya sekitar 7% untuk pelayanan di wilayah Kecamatan Sukatani dan 28% untuk pelayanan di wilayah Kecamatan Karangbahagia. Angka ini masih jauh dari target yang ditetapkan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bekasi Tahun 2011–2031, yang menetapkan cakupan pelayanan air minum minimal 60% (Pemerintah Kabupaten Bekasi, 2011). Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap sistem jaringan distribusi yang telah ada serta pengembangan jaringan distribusi baru yang dapat meningkatkan cakupan layanan dan optimalisasi distribusi air minum di kedua wilayah tersebut.

Studi mengenai pengelolaan jaringan distribusi air minum menunjukkan bahwa salah satu tantangan utama adalah peningkatan kapasitas dan efisiensi jaringan distribusi. Penelitian oleh Pratama et al. (2022) menemukan bahwa peningkatan kapasitas produksi dan optimasi jaringan distribusi sangat penting dalam menghadapi tantangan keterjangkauan akses air bersih di daerah-daerah negara berkembang. Salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi sistem jaringan distribusi adalah perubahan sistem jaringan dari *branch system* menjadi *loop system*. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem *loop* memiliki keunggulan dalam meningkatkan efisiensi distribusi air, menjaga kestabilan tekanan, dan mengurangi kehilangan air akibat kebocoran (Coelho & Andrade-Campos, 2013). Studi lainnya menunjukkan bahwa konversi dari sistem *branch* ke *loop* dapat meningkatkan efisiensi tekanan dan mengurangi kehilangan air akibat kebocoran (Toelle et al., 2022). Pengembangan sistem distribusi ini juga sejalan dengan hasil kajian yang menyatakan bahwa desain jaringan yang optimal dapat mengurangi kehilangan air dan meningkatkan efisiensi tekanan serta kontinuitas pasokan air (Romdloni, 2021). Sebuah studi oleh Widiarti et al. (2020) menekankan bahwa evaluasi jaringan distribusi air minum menggunakan EPANET 2.0 dapat mengidentifikasi masalah hidrolik seperti kehilangan tekanan yang signifikan dan kebutuhan akan peningkatan kapasitas jaringan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Soares, (2021) di Timor-Leste juga mengevaluasi sistem jaringan distribusi menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0 untuk mengoptimalkan perencanaan jaringan dan memastikan kestabilan tekanan serta efisiensi distribusi air minum. Penelitian lain oleh Febrianti et al. (2023) menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kebutuhan air, diperlukan strategi perencanaan jaringan distribusi yang lebih efektif, termasuk penggunaan metode Hardy-Cross dan pemodelan dengan EPANET 2.0. Penggunaan perangkat lunak simulasi EPANET 2.0 juga telah terbukti efektif dalam mengevaluasi dan merancang sistem jaringan distribusi air minum yang lebih efisien oleh Lewiss (2000) dan Safitri et al. (2020). Dalam konteks sistem distribusi air minum di Indonesia, beberapa penelitian telah menyoroti tantangan utama yang dihadapi oleh perusahaan daerah dalam mengelola dan mengoptimalkan jaringan distribusinya. Seperti studi yang dilakukan oleh Fulazzaky (2014) menekankan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air minum di Indonesia dapat berlangsung optimal dengan

bergantung pada strategi pengelolaan yang terintegrasi, termasuk efisiensi perencanaan jaringan distribusi serta peningkatan kapasitas produksi.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem jaringan distribusi air minum yang ada di PDAM Tirta Bhagasasi serta mengusulkan pengembangan jaringan yang lebih optimal untuk meningkatkan cakupan layanan di Cabang Babelan dan Cabang Sukatani. Evaluasi dilakukan melalui pemodelan hidraulik menggunakan EPANET 2.0 untuk menganalisis tekanan, kecepatan aliran, serta kehilangan tekanan dalam jaringan distribusi air. Selain itu, penelitian ini juga melakukan proyeksi kebutuhan air minum hingga tahun 2041 guna memastikan bahwa sistem distribusi yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan jangka panjang masyarakat. Selanjutnya, kapasitas eksisting Instalasi Pengolahan Air (IPA) juga dikaji untuk menentukan apakah infrastruktur yang ada mampu memenuhi proyeksi kebutuhan air minum di masa depan atau memerlukan peningkatan kapasitas. Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis ekonomi guna menilai kelayakan investasi yang dibutuhkan dalam pengembangan jaringan distribusi air minum. Dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang dapat diterapkan oleh PDAM Tirta Bhagasasi dalam meningkatkan cakupan layanan serta efisiensi sistem distribusi air minum di wilayah yang mengalami pertumbuhan pesat. Implementasi dari pengembangan jaringan ini juga dapat menjadi studi kasus bagi daerah lain di Indonesia yang menghadapi tantangan serupa dalam optimalisasi pelayanan distribusi air minum. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bentuk evaluasi sistem distribusi eksisting, pengembangan jaringan berbasis sistem *loop*, serta kajian finansial yang mendukung keberlanjutan pengelolaan sistem distribusi air minum. Temuan dalam penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan dan pengambilan kebijakan pengelolaan air minum yang lebih efektif dan efisien di masa mendatang.

2. Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, analisis proyeksi pertumbuhan penduduk, analisis proyeksi kebutuhan air minum, analisis kapasitas Instalasi Pengolahan Air (IPA), analisis jaringan distribusi menggunakan perangkat lunak EPANET, serta estimasi biaya pengembangan jaringan distribusi. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui metode studi literatur serta pengambilan data sekunder dari berbagai sumber yang relevan. Data demografi mengenai jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bekasi serta dokumen internal PDAM Tirta Bhagasasi. Data ini digunakan untuk melakukan proyeksi kebutuhan air minum hingga tahun 2041. Selain itu, data teknis jaringan distribusi air minum diperoleh dari PDAM Tirta Bhagasasi, termasuk kapasitas produksi IPA, panjang jaringan pipa, tekanan hidrolik, dan cakupan layanan eksisting. Standar perencanaan yang digunakan dalam analisis ini mengacu pada regulasi nasional, seperti Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.

2.1. Analisis Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Dalam menentukan jumlah penduduk yang ada dalam daerah yang akan dilayani, dilakukan proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah pelayanan PDAM Tirta Bhagasasi hingga tahun 2041 Cabang Babelan dan Cabang Sukatani untuk menentukan besarnya kebutuhan air domestik serta perencanaan kapasitas jaringan distribusi di masa mendatang. Proyeksi penduduk menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu Metode Aritmatik, Metode Geometri, dan Metode *Least Square*. Dalam analisis ini digunakan Metode Geometri yang dinilai lebih akurat dalam menggambarkan tren pertumbuhan populasi secara eksponensial (Nugroho, Santoso, & Putra, 2020), dengan persamaan Metode Geometri dapat dilihat pada persamaan (1).

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad (1)$$

Dengan P_n adalah jumlah penduduk pada tahun n , P_o adalah jumlah penduduk pada tahun dasar, r adalah laju pertumbuhan penduduk, dan n adalah jumlah tahun proyeksi.

2.2. Analisis Proyeksi Kebutuhan Air Minum

Setelah proyeksi pertumbuhan penduduk diperoleh, selanjutnya dalam menentukan dan menganalisis kebutuhan air minum terdapat kriteria perencanaan yang mengacu pada Ditjen Cipta Karya PU tahun 1998 untuk menentukan kebutuhan air domestik dan nondomestik. Proyeksi peningkatan kebutuhan air minum dihitung berdasarkan kriteria kebutuhan air untuk tiap kategori kota sesuai dengan peraturan, dengan mempertimbangkan konsumsi air per kapita, kehilangan air dalam distribusi, serta kebutuhan air domestik dan nondomestik (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1998). Persamaan kebutuhan air minum dihitung sebagai berikut:

$$Q_r = (Q_d + Q_{nd}) \times (1 + K) \quad (2)$$

Dengan Q_r adalah total kebutuhan air rata-rata harian (L/detik), Q_d adalah kebutuhan air domestik (L/detik), Q_{nd} adalah kebutuhan air non-domestik (L/detik), dan K adalah faktor kehilangan air (% kebocoran).

2.3. Analisis Kapasitas IPA

Evaluasi kapasitas IPA dilakukan untuk menentukan apakah kapasitas pengolahan air saat ini mencukupi proyeksi kebutuhan air hingga tahun 2041. Data eksisting kapasitas IPA diperoleh dari laporan PDAM Tirta Bhagasasi. Analisis dilakukan dengan membandingkan kapasitas eksisting dengan kebutuhan air yang diproyeksikan. Hasil dari pengkajian ini apabila kebutuhan air tahun perencanaan tidak mencukupi maka dilakukan perhitungan dan pembahasan terkait penambahan kapasitas unit pengolahan IPA serta pembahasan terkait *idle capacity* untuk optimalisasi apabila kapasitas eksisting mencukupi kebutuhan air hingga tahun perencanaan.

2.4. Analisis Jaringan Distribusi Air Minum

Analisis jaringan distribusi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0, yang merupakan perangkat simulasi hidraulik untuk memodelkan aliran air dalam sistem distribusi pipa (Rossman, 2000). EPANET digunakan untuk mensimulasikan tekanan, debit aliran, serta distribusi air pada tiap titik jaringan. Simulasi ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi efisiensi sistem distribusi eksisting dan mengidentifikasi potensi peningkatan kinerja melalui pengembangan sistem *loop* atau perbaikan jaringan. Parameter utama yang dianalisis dalam simulasi meliputi tekanan air pada setiap node, kecepatan aliran dalam pipa, dan distribusi debit air berdasarkan kebutuhan pengguna. Dengan menggunakan EPANET, dapat diketahui titik-titik kritis yang memerlukan perbaikan atau optimalisasi guna meningkatkan efisiensi sistem distribusi air minum.

2.5. Estimasi Biaya Pengembangan Jaringan Distribusi

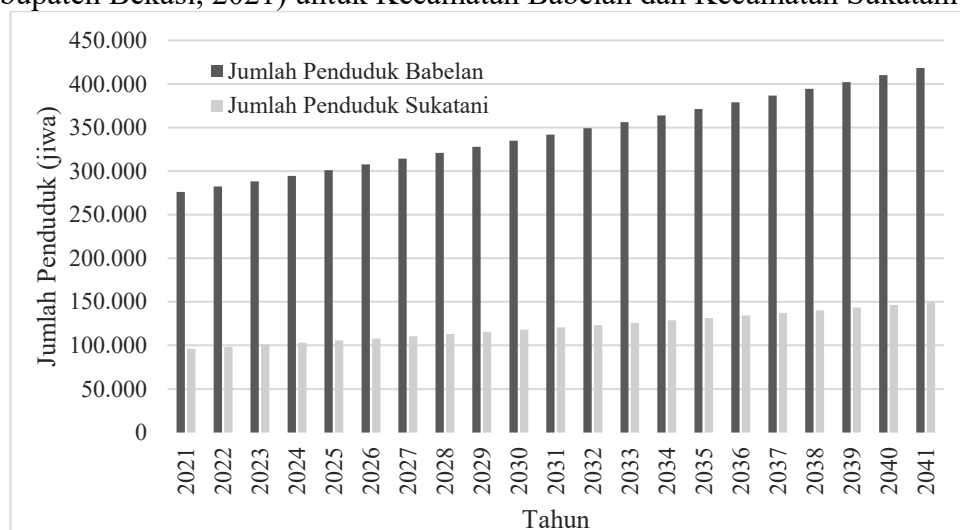
Estimasi biaya dalam penelitian ini dilakukan untuk menilai kelayakan ekonomi dari pengembangan jaringan distribusi air minum di PDAM Tirta Bhagasasi. Perhitungan biaya didasarkan pada metode analisis biaya konstruksi yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016. Komponen utama biaya yang diperhitungkan mencakup pekerjaan persiapan, pekerjaan galian tanah, pemasangan pipa dan aksesoris, pengadaan pompa, serta pembangunan jembatan pipa jika diperlukan (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016). Proses estimasi ini dilakukan dengan menggunakan *Bill of Quantity* (BOQ) yang mencakup volume pekerjaan dan harga satuan material serta tenaga kerja yang berlaku pada tahun perencanaan. Dengan adanya estimasi biaya ini, diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kebutuhan anggaran yang dibutuhkan untuk pengembangan jaringan distribusi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Metodologi penelitian ini dirancang untuk memberikan pendekatan sistematis dalam mengevaluasi kondisi eksisting jaringan distribusi air minum serta merancang pengembangan yang optimal berdasarkan proyeksi kebutuhan air. Kombinasi analisis proyeksi pertumbuhan penduduk, analisis proyeksi kebutuhan air minum, analisis kapasitas IPA, simulasi hidraulik EPANET, serta estimasi biaya diharapkan dapat memberikan hasil yang akurat dan aplikatif dalam mendukung pengambilan keputusan bagi PDAM Tirta Bhagasasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk menjadi salah satu faktor utama yang menentukan kebutuhan air minum suatu wilayah. Dalam studi ini, proyeksi jumlah penduduk di wilayah pelayanan PDAM Tirta Bhagasasi, khususnya di Cabang Babelan dan Cabang Sukatani, dilakukan untuk periode perencanaan hingga tahun 2041. Berdasarkan hasil analisis data historis dan perhitungan standar deviasi pada metode geometri telah memberikan hasil yang lebih akurat dengan pola kenaikan penduduk yang stabil serta memiliki nilai standar deviasi terendah. Pada Gambar 1. dapat dilihat hasil proyeksi jumlah penduduk yang dilakukan berdasarkan data kependudukan tahun 2010 hingga 2020 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) serta laporan PDAM Tirta Bhagasasi (Badan Pusat Statistik Kabupaten Bekasi, 2021) untuk Kecamatan Babelan dan Kecamatan Sukatani.



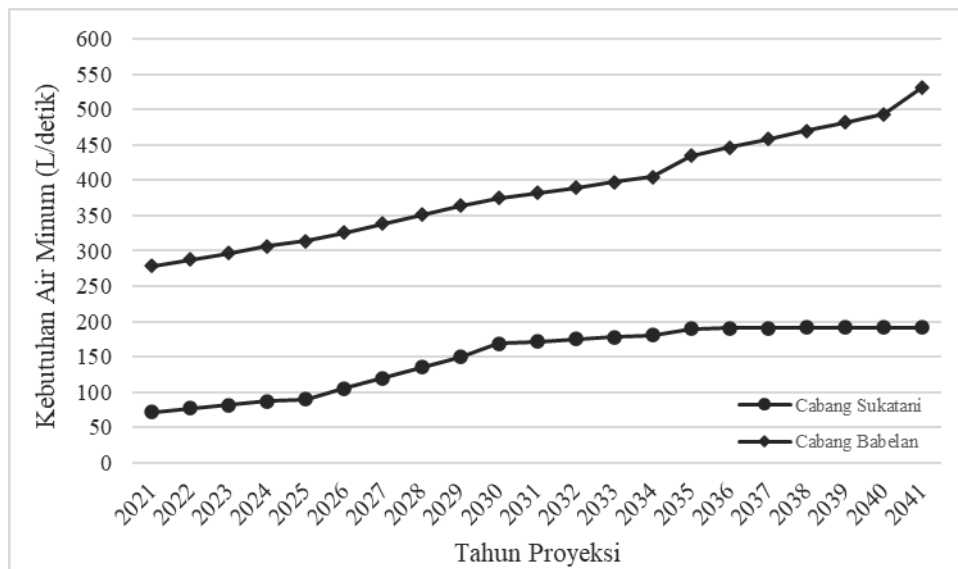
Gambar 1. Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Babelan dan Kecamatan Sukatani dari tahun 2021 – 2024

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa jumlah penduduk di kedua wilayah mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan, yaitu pada tahun 2041 di Kecamatan Babelan diproyeksikan memiliki 418,390 jiwa, sedangkan Kecamatan Sukatani diperkirakan akan mencapai 149,700 jiwa. Pertumbuhan penduduk yang cukup pesat ini memiliki dampak langsung terhadap kebutuhan air minum di wilayah studi. Semakin tinggi jumlah penduduk, semakin besar pula konsumsi air bersih yang dibutuhkan, baik untuk kebutuhan domestik maupun non-domestik (Widiarti et al., 2020). Dengan proyeksi ini, pengembangan sistem jaringan distribusi air minum harus mempertimbangkan peningkatan permintaan air yang sebanding dengan kenaikan populasi (Toelle et al., 2022). Selain itu, wilayah dengan laju pertumbuhan lebih tinggi, seperti Kecamatan Babelan, perlu mendapatkan perhatian lebih dalam perencanaan kapasitas jaringan distribusi agar mampu mengakomodasi kebutuhan di masa mendatang. PDAM Tirta Bhagasasi perlu memastikan bahwa sistem pengolahan air dan jaringan distribusi memiliki kapasitas yang memadai untuk memenuhi permintaan air minum hingga tahun 2041.

3.2 Proyeksi Kebutuhan Air Minum

Berdasarkan hasil proyeksi pertumbuhan penduduk kemudian dapat dilakukan proyeksi terhadap total kebutuhan air minum hingga tahun 2041 di kedua wilayah tersebut. Dapat dilihat dapat dilihat pada grafik Gambar 2. yang merupakan grafik perbandingan proyeksi kebutuhan air minum di PDAM Tirta Bhagasasi Cabang Sukatani dan Cabang Babelan mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perluasan cakupan layanan. Peningkatan tersebut juga dipengaruhi oleh perubahan target pelayanan yang ditetapkan dalam perencanaan. Di Cabang Sukatani, target pelayanan air minum meningkat dari 7% pada tahun 2021, menjadi 22% pada tahun 2030, dan mencapai 37% pada tahun 2041. Sementara itu, di Cabang Babelan, target pelayanan naik dari 54% pada tahun 2021, menjadi 60% pada tahun 2030, dan 66% pada akhir proyeksi tahun 2041. Nilai-nilai ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan air minum

tahunan seiring dengan perluasan wilayah cakupan dan peningkatan akses layanan. Kajian serupa mengenai pengembangan sistem penyediaan air minum di Kabupaten Bekasi juga pernah dilakukan oleh Fadilla et al. (2018) untuk menjangkau 80% pelayanan jaringan perpipaan pada tahun 2037 karena peningkatan pertumbuhan penduduk.



Gambar 2. Proyeksi Total Kebutuhan Air Minum Cabang Sukatani dan Cabang Babelan PDAM Tirta Bhagasasi

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan hasil analisis kebutuhan air di wilayah Cabang Sukatani dan Cabang Babelan dengan proyeksi total kebutuhan air minum hingga tahun 2041 yang mencakup kebutuhan air domestik, non-domestik, serta kehilangan air. Kebutuhan domestik dihitung berdasarkan pedoman Ditjen Cipta Karya Menteri Pekerjaan Umum tahun 1996, dengan total jumlah penduduk yang dilayani pada tahun 2021 oleh Cabang Sukatani sebesar 242,090 jiwa dan Cabang Babelan sebesar 276,834 jiwa, sehingga kedua cabang tersebut termasuk melayani kategori kota sedang (100,000-500,000 jiwa) dengan pemakaian air per orang per hari sebesar 120 L/orang/hari. Berdasarkan perhitungan proyeksi penduduk yang dapat dilihat pada Gambar 1, pada tahun terakhir proyeksi 2041 baik Kecamatan Babelan maupun Kecamatan Sukatani masih memiliki jumlah penduduk pada kategori kota sedang sehingga nilai standar pemakaian air per orang per hari tetap selama masa proyeksi. Kebutuhan air non-domestik dipengaruhi oleh jumlah kapasitas fasilitas yang ada pada wilayah tersebut. Dengan menggunakan data fasilitas yang ada, hasil yang didapatkan akan mendekati rata-rata sesuai dengan keadaan di lapangan. Pada perencanaan ini, dilakukan kajian terhadap bangunan non-domestik berdasarkan data yang didapatkan dari BPS Kabupaten Bekasi Dalam Angka 2021, guna untuk mendapatkan persentase kebutuhan air non-domestik terhadap kebutuhan air domestik yaitu sebesar 8% dari kebutuhan domestik sesuai pedoman Ditjen Cipta Karya Menteri Pekerjaan Umum tahun 1996. Perhitungan kehilangan air dilakukan berdasarkan persentase kehilangan air pada kondisi eksisting. Berdasarkan data bulanan PDAM Tirta Bhagasasi Cabang Babelan dan Cabang Sukatani, persentase kehilangan air memiliki nilai sebesar rerata 22.25%. Dalam melakukan proyeksi kebutuhan air, perhitungan kehilangan air dilakukan dengan setiap 3 tahun mengalami penurunan kehilangan air sebesar 1% sebagai upaya dalam optimalisasi pelayanan serta meminimalisir kerugian.

Berdasarkan grafik di Gambar 2 menunjukkan hasil analisis kebutuhan air di wilayah Cabang Sukatani dengan total kebutuhan air minum hingga tahun 2041 diproyeksikan mencapai 191.28 L/detik. Kebutuhan ini meningkat dari kondisi eksisting pada tahun 2021 yang hanya sebesar 71.73 L/detik, dengan kenaikan bertahap seiring peningkatan jumlah penduduk terlayani dan sambungan rumah tangga. Proyeksi kebutuhan air minum ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk yang signifikan akan menyebabkan peningkatan permintaan terhadap air bersih (Salim, 2019). Sementara itu, di wilayah Cabang Babelan, total kebutuhan air minum pada

tahun 2041 diproyeksikan mencapai 531.17 L/detik, meningkat dari kondisi tahun 2021 yang hanya sebesar 278.47 L/detik. Peningkatan ini dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah penduduk terlayani yang mencapai 289,200 jiwa, serta adanya upaya optimalisasi cakupan layanan air minum di wilayah tersebut. Dari grafik dapat dilihat bahwa Cabang Babelan memiliki kebutuhan air yang lebih tinggi dibandingkan Cabang Sukatani di setiap tahunnya. Hal ini dapat disebabkan oleh cakupan wilayah yang lebih luas dan jumlah penduduk terlayani yang lebih besar di Babelan.

3.3 Pengkajian Kapasitas Eksisting IPA

Dalam memastikan sistem distribusi dapat memenuhi kebutuhan air minum yang diproyeksikan hingga tahun 2041, dilakukan pengkajian terhadap kapasitas eksisting IPA di masing-masing wilayah pelayanan. Kapasitas eksisting Instalasi Pengolahan Air (IPA) di kedua wilayah telah dikaji pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Perbandingan kapasitas eksisting IPA di Cabang Sukatani dan Cabang Babelan (Data PDAM Tirta Bhagasasi)

Instalasi	Kapasitas Desain (L/detik)	Kapasitas Operasional (L/detik)	Status
Cabang Sukatani			
IPA Baja	20	20	Aktif
IPA Beton	50	24	Aktif
Total	70	44	Existing
Cabang Babelan			
IPA I	10	0	Bongkar
IPA II	10	0	Bongkar
IPA (Fiber)	25	25	Aktif (Filter tidak maksimal)
IPA III	50	50	Aktif (Filter tidak maksimal)
Pantura K.125	125	75	Aktif
Pantura K.2 x 70	140	140	Aktif (Pompa distribusi rusak)
Babelan 1	200	200	Aktif
Babelan 2	200	0	Belum beroperasi
Babelan 3	200	0	Tahap konstruksi
Total	940	490	Total existing

Berdasarkan Tabel 1 di atas, kapasitas IPA di Cabang Sukatani saat ini hanya sebesar 70 L/detik, dengan kapasitas operasional 44 L/detik, yang masih jauh dari kebutuhan air pada tahun 2041 sebesar 191.28 L/detik. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan kapasitas IPA untuk memastikan kontinuitas pelayanan air minum bagi masyarakat di Cabang Sukatani. Sebaliknya, di Cabang Babelan, kapasitas eksisting IPA yang tersedia mencapai 940 L/detik, yang mencakup seluruh instalasi yang sudah beroperasi maupun yang direncanakan. Dengan total kebutuhan air minum tahun 2041 sebesar 531.17 L/detik, masih terdapat *idle capacity* sebesar 409 L/detik. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas IPA di Cabang Babelan masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan hingga tahun 2041, sehingga tidak diperlukan pengembangan tambahan dalam jangka waktu tersebut. Namun, optimalisasi operasi dan pemeliharaan instalasi perlu dilakukan untuk memastikan seluruh kapasitas operasional dapat dimanfaatkan secara maksimal (Septiani, 2018).

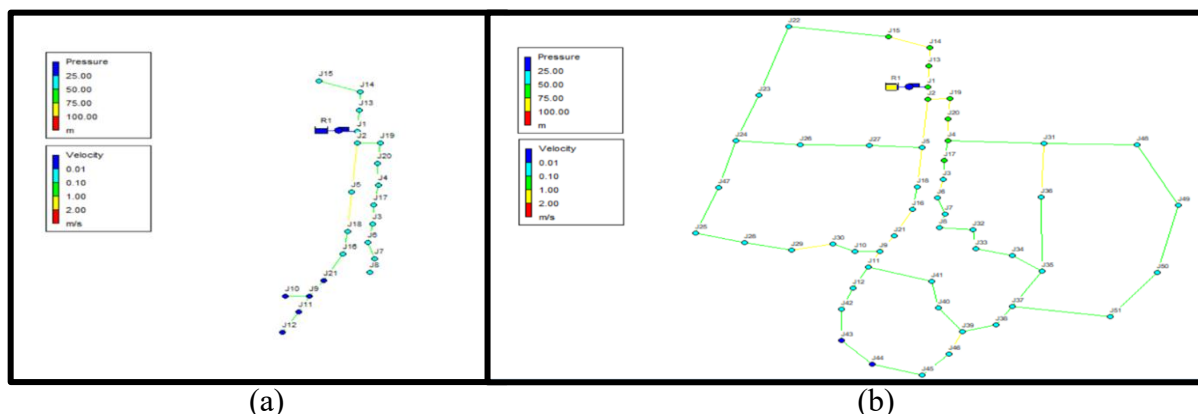
3.4 Rencana Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi

Pengembangan jaringan distribusi air minum di PDAM Tirta Bhagasasi dirancang untuk meningkatkan cakupan layanan dan memastikan ketersediaan air minum yang berkelanjutan. Penetapan wilayah pengembangan dilakukan berdasarkan kriteria teknis yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Prioritas pengembangan diberikan kepada wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi, kawasan strategis, serta daerah yang belum terlayani oleh sistem perpipaan PDAM (Nugroho et al., 2020). Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, wilayah pengembangan sistem jaringan

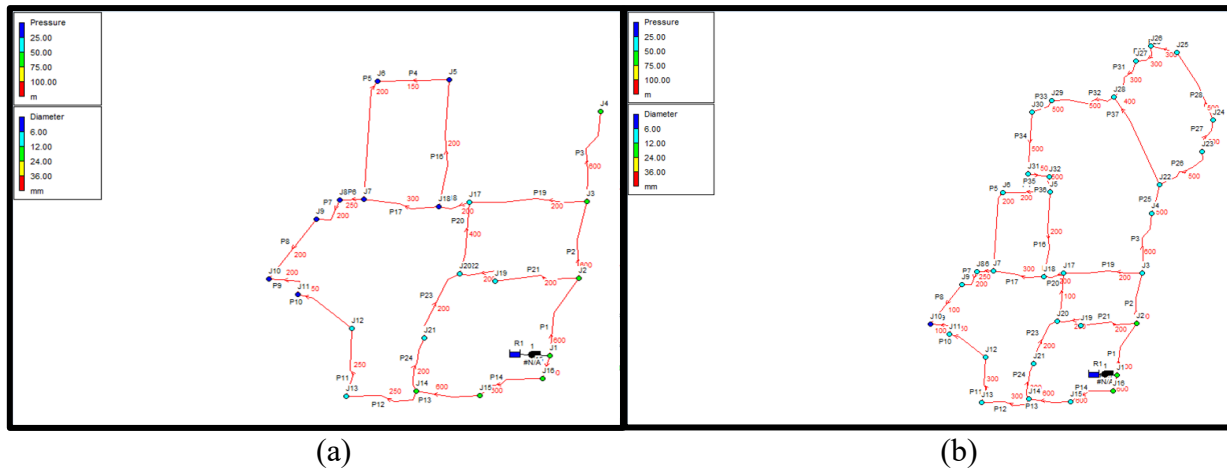
distribusi meliputi desa-desa yang memiliki tingkat kebutuhan air tinggi dan diproyeksikan mengalami pertumbuhan penduduk signifikan. Dalam perencanaan jaringan distribusi, penting untuk mempertimbangkan pertumbuhan populasi dan pengaruhnya terhadap kebutuhan air minum (Harmayani et al., 2019). Rencana pengembangan sistem jaringan distribusi air minum di PDAM Tirta Bhagasasi dilakukan dengan menambahkan cakupan jaringan dan meningkatkan efisiensi sistem distribusi. Salah satu strategi utama dalam pengembangan ini adalah perubahan sistem jaringan dari *branch system* menjadi *loop system*. Implementasi sistem loop dapat meningkatkan tekanan dan efisiensi aliran dalam jaringan distribusi air minum, sebagaimana telah dianalisis dalam studi distribusi air di Banyuwangi (Sukarto, 2017). Dalam perencanaan pengembangan, dilakukan penambahan panjang pipa untuk mengoptimalkan distribusi air. Perubahan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa desain sistem distribusi yang efisien dapat mengurangi kehilangan air dan meningkatkan kontinuitas pelayanan (Romdloni, 2021). Untuk memastikan efektivitas dan efisiensi sistem jaringan distribusi yang direncanakan, dilakukan pemodelan hidraulik menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0. Pemodelan ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem distribusi baik dalam kondisi eksisting maupun setelah pengembangan dilakukan. Analisis dengan EPANET telah terbukti efektif dalam mengevaluasi tekanan, kecepatan aliran, serta kehilangan tekanan dalam sistem distribusi (Safitri et al., 2023). Tabel 2 di bawah ini menyajikan hasil simulasi hidraulik jaringan distribusi air minum di Cabang Sukatani dan Cabang Babelan. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 untuk membandingkan kondisi jaringan eksisting dan jaringan hasil pengembangan. Parameter yang ditampilkan mencakup tekanan air, kecepatan aliran, dan kehilangan tekanan (headloss) per kilometer. Hasil simulasi menunjukkan bahwa jaringan hasil pengembangan umumnya memberikan peningkatan tekanan dan efisiensi hidraulik, yang berkontribusi pada kualitas layanan distribusi air yang lebih baik.

Tabel 2. Parameter Hidraulik Jaringan Distribusi Eksisting dan Pengembangan

Parameter	Cabang Sukatani		Cabang Babelan	
	Eksisting	Pengembangan	Eksisting	Pengembangan
Tekanan Air (m)	20.3 – 38.9	24.5 – 59.5	10.9 – 53.7	24.9 – 53.9
Kecepatan Aliran (m/s)	0.3 – 1.3	0.3 – 1.7	0.3 – 1.8	0.3 – 1.7
Kehilangan Tekanan (m/km)	0.1 – 5.4	0.4 – 9.7	0.5 – 8.0	0.3 – 9.3



Gambar 3. (a) Pemodelan Jaringan Distribusi Eksisting Cabang Sukatani, (b) Pemodelan Rencana Pengembangan Jaringan Distribusi Cabang Sukatani



Gambar 4. (a) Pemodelan Jaringan Distribusi Eksisting Cabang Babelan, (b) Pemodelan Rencana Pengembangan Jaringan Distribusi Cabang Babelan

Hasil dari simulasi perubahan dan pengembangan sistem jaringan distribusi *branch* ke *loop* di Cabang Sukatani pada Gambar 3 menunjukkan adanya potensi peningkatan tekanan air yang lebih stabil serta cakupan layanan yang lebih luas dibandingkan sistem sebelumnya. Pengembangan sistem jaringan distribusi dilakukan dengan penambahan jaringan distribusi primer. Berdasarkan kondisi eksisting, jaringan distribusi Cabang Sukatani memiliki 21 *junction* dengan panjang pipa total sekitar 10 km jenis HDPE dengan variasi diameter pipa rentang 150 – 300 mm. Pengembangan dilakukan dengan penambahan pipa jenis HDPE dengan total panjang akhir sistem jaringan distribusi pengembangan sekitar 32 km yang memiliki 50 *junction* dan variasi diameter pipa rentang 400 – 100 mm.

Pengembangan ini dilakukan dengan salah satu pertimbangan bahwa kemampuan sistem *loop* dalam mendistribusikan tekanan secara lebih merata di berbagai titik jaringan. Sebaliknya, di Cabang Babelan pada Gambar 4, masih terdapat tantangan dalam mendistribusikan air ke wilayah baru tanpa investasi tambahan dalam sistem *loop*, yang dapat menyebabkan tekanan tidak optimal di beberapa titik layanan. Oleh karena itu, meskipun sistem yang ada masih berfungsi, perlu adanya evaluasi lebih lanjut terhadap pengembangan jaringan untuk meningkatkan efisiensi distribusi. Dengan hasil simulasi ini, dapat disimpulkan bahwa sistem jaringan distribusi perlu diperbaiki dengan mempertimbangkan penggunaan material pipa yang sesuai dan optimasi tekanan aliran dalam jaringan (Coelho & Andrade-Campos, 2013).

3.5 Komponen Pengembangan dan Analisis Biaya Jaringan Distribusi

Untuk mendukung pengembangan sistem jaringan distribusi, dilakukan berbagai perbaikan dan penambahan infrastruktur. Komponen utama dalam pengembangan ini mencakup pergantian dan penambahan pipa, penggunaan pompa dengan teknologi *Variable Speed Drive* (VSD), serta pemasangan aksesoris jaringan distribusi untuk memastikan optimalisasi distribusi air.

Tabel 3. Estimasi Biaya Pengembangan Jaringan Distribusi berdasarkan Lokasi

Komponen	Cabang Sukatani (Rp)	Cabang Babelan (Rp)	Total (Rp)
Penggantian Pipa	2,500,000,000	3,000,000,000	5,500,000,000
Penambahan Pipa	4,500,000,000	3,750,000,000	8,250,000,000
Pemasangan Pompa VSD	1,500,000,000	1,250,000,000	2,750,000,000
Aksesoris Jaringan	750,000,000	750,000,000	1,500,000,000
Total Biaya	9,250,000,000	8,750,000,000	18,000,000,000

Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3, estimasi biaya disusun mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28 Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (infrastruktur air baku wilayah Jawa Barat). Selain itu, harga satuan dan dimensi pipa serta aksesoris yang digunakan merujuk pada katalog pipa Black

HDPE merk Rucika, yang juga digunakan dalam perencanaan teknis jaringan distribusi. Estimasi biaya pengembangan jaringan distribusi air minum bervariasi antara Cabang Sukatani dan Cabang Babelan, tergantung pada kebutuhan infrastruktur dan kondisi jaringan eksisting di masing-masing wilayah.

Meskipun estimasi biaya pengembangan tidak secara spesifik dibandingkan berdasarkan jenis sistem, implementasi sistem *loop* diyakini memberikan keuntungan jangka panjang dalam pengurangan kehilangan air dan peningkatan tekanan jaringan (Price et al., 2022; Bala et al., 2024; Gomes Jr. et al., 2024). Sistem *loop* memungkinkan distribusi air lebih merata, mengurangi risiko kebocoran, serta meningkatkan efisiensi jaringan distribusi secara keseluruhan. Selain itu, peningkatan tekanan dalam jaringan akan memberikan dampak positif terhadap kontinuitas pelayanan kepada pelanggan, sehingga memperbaiki tingkat kepuasan pengguna. Implementasi sistem jaringan *loop* di Cabang Sukatani juga dapat menjadi studi kasus bagi wilayah lain yang ingin mengoptimalkan layanan distribusi air minum. Keberhasilan penerapan sistem ini dapat dijadikan acuan dalam pengembangan jaringan di daerah lain yang menghadapi tantangan serupa dalam efisiensi distribusi air dan penekanan tingkat kehilangan air. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan layanan di PDAM Tirta Bhagasasi tetapi juga memberikan wawasan bagi pengelolaan sistem distribusi air minum secara lebih luas. Analisis biaya ini penting untuk memastikan bahwa proyek pengembangan jaringan distribusi tetap efisien dan layak secara finansial, sebagaimana telah dianalisis dalam pengembangan sistem distribusi di Yogyakarta (Rafi, 2022). Dengan penerapan strategi ini, diharapkan sistem jaringan distribusi air minum di PDAM Tirta Bhagasasi dapat beroperasi dengan lebih efisien, mengurangi kehilangan air, serta meningkatkan kualitas pelayanan kepada masyarakat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air minum di PDAM Tirta Bhagasasi dengan studi kasus di Cabang Babelan dan Cabang Sukatani, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil proyeksi pertumbuhan penduduk menunjukkan bahwa jumlah penduduk di Kecamatan Babelan dan Kecamatan Sukatani akan terus meningkat hingga tahun 2041. Kecamatan Babelan diproyeksikan memiliki jumlah penduduk sebesar 418,390 jiwa, sedangkan Kecamatan Sukatani diproyeksikan mencapai 149,700 jiwa. Pertumbuhan penduduk yang cukup pesat ini akan berdampak signifikan terhadap kebutuhan air minum di kedua wilayah tersebut.
2. Dengan menggunakan metode proyeksi kebutuhan air minum yang memperhitungkan pertumbuhan penduduk dan standar konsumsi air, kebutuhan air di kedua wilayah diprediksi akan terus meningkat. Kecamatan Babelan dan Kecamatan Sukatani membutuhkan peningkatan kapasitas penyediaan air minum untuk mengantisipasi permintaan di masa depan.
3. Kapasitas eksisting IPA yang melayani Kecamatan Babelan dan Kecamatan Sukatani diprediksi tidak akan mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air hingga tahun 2041. Perlu dilakukan peningkatan kapasitas pengolahan air melalui pembangunan unit pengolahan tambahan atau optimalisasi sistem yang ada agar dapat mengakomodasi peningkatan kebutuhan air.
4. Hasil simulasi menggunakan EPANET menunjukkan bahwa tekanan air di beberapa titik jaringan distribusi masih belum optimal, terutama di daerah dengan elevasi tinggi dan ujung jaringan. Pengembangan sistem jaringan distribusi dari model *branching* ke *looping* di Cabang Sukatani memberikan dampak positif dalam meningkatkan tekanan air dan efisiensi distribusi. Cabang Babelan masih menghadapi tantangan dalam mendistribusikan air ke wilayah baru tanpa investasi tambahan dalam sistem looping.
5. Estimasi biaya pengembangan jaringan distribusi air minum menunjukkan bahwa implementasi sistem *loop* memerlukan investasi yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *branching*. Meskipun biaya investasi lebih tinggi, sistem *loop* memiliki keuntungan jangka panjang dalam pengurangan kehilangan air, peningkatan tekanan jaringan, serta cakupan layanan yang lebih luas.

Dari hasil penelitian ini, direkomendasikan bahwa PDAM Tirta Bhagasasi mempertimbangkan investasi jangka panjang dalam peningkatan kapasitas pengolahan air dan pengembangan jaringan distribusi berbasis sistem looping. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas layanan air minum, mengurangi tingkat kehilangan air, serta memastikan ketersediaan air bersih bagi masyarakat di wilayah Babelan dan Sukatani hingga tahun 2041.

Ucapan Terima Kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penulisan paper ini. Terutama kepada mahasiswa yang sudah membantu mengumpulkan data dan informasi yaitu Khairunnisa Putri Dewanto dan Aza Djoyo Kusumo. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan fasilitas dan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan paper ini. Semoga kontribusi yang kecil ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penelitian di masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bekasi. (2021). *Kabupaten Bekasi Dalam Angka 2021*. Kabupaten Bekasi.
- Bala, I., Yadav, A., & Kim, J. H. (2024). Optimization for cost-effective design of water distribution networks: A comprehensive learning approach. *Evolutionary Intelligence*, 17, 2981–3013. <https://doi.org/10.1007/s12065-024-00922>
- Coelho, S. T., & Andrade-Campos, A. (2013). Optimizing Water Distribution Systems Using EPANET. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139(5), 511-519.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (1998). *Pedoman Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Fadilla, A. R., Yanidar, R., & Winarni. (2018). Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Pipa Induk Air Minum di Kabupaten Bekasi sampai dengan Tahun 2037. *Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan 2018*. Trisakti University.
- Febrianti, L., Sutanto, A., & Rachman, B. (2023). Application of Hardy-Cross Method in Water Distribution Network Planning. *Environmental Engineering Journal*, 27(3), 210-225.
- Finanda, R. D., & Saefudin, N. H. (2011). Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Perumnas Banyumanik Kota Semarang. *Jurnal Perencanaan*, 4(1), 45-58.
- Fulazzaky, M. A. (2014). Challenges of Integrated Water Resources Management in Indonesia. *Water*, 6(7), 2000-2020. <https://doi.org/10.3390/w6072000>.*
- Gomes Jr., M. N., Benites, I. M., Elsherif, S. M., Taha, A. F., & Giacomoni, M. H. (2024). *Modeling and design optimization of looped water distribution networks using MS Excel: Developing the open-source X-WHAT model* [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.09044>
- Harmayani, T., Sudirja, R., & Widodo, P. (2019). Analisis Perencanaan Jaringan Distribusi Air Minum dengan EPANET. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 8(2), 45-56.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri PUPR No. 28 Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan*.
- Lewiss, A. Rossman. (2000). EPANET 2 User's Manual. *United States Environmental Protection Agency EPA/600/R-00/057*. Cincinnati.
- Nugroho, B., Santoso, D., & Putra, H. (2020). Perencanaan Jaringan Distribusi Air Minum Berbasis GIS. *Jurnal Teknik Infrastruktur*, 6(1), 88-102.
- PDAM Tirta Bhagasasi. (2020). Laporan Bulanan Cabang Sukatani Bulan Desember. Kabupaten Bekasi.
- Pemerintah Kabupaten Bekasi. (2011). Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bekasi 2011-2031 No. 12 Tahun 2011. Kabupaten Bekasi.
- Pratama, D., Yulianto, H., & Setiawan, T. (2022). Challenges in Water Distribution System Optimization in Developing Cities. *Jurnal Infrastruktur Berkelanjutan*, 11(2), 87-101.

- Price, E., Abhijith, G. R., & Ostfeld, A. (2022). Pressure management in water distribution systems through PRVs optimal placement and settings. *Water Research*, 226, 119236. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119236>.
- Rafi, M. (2022). Analisis Finansial Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum di Yogyakarta. *Jurnal Teknik Infrastruktur*, 10(3), 132-148.
- Romdloni, I. (2021). Optimasi Jaringan Distribusi Air Minum dengan Metode Hidraulik. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Infrastruktur*, 12(2), 55-67.
- Rossman, L. A. (2000). *EPANET 2.0 User Manual*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Safitri, A., Wahyudi, S. I., & Soedarsono, S. (2023). Simulation of Pipe Networks Using EPANET to Optimize Water Supply: A Case Study for Arjawinangun Area, Indonesia. *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*, 70, 17–28. <https://doi.org/10.2478/heem-2023-0002>.
- Safitri, A., Wahyudi, S. I., & Soedarsono, S. (2020). Simulation of Transmission of Drinking Water Sources to Reservoirs: Case Study PDAM Tirta Jati, Cirebon, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 498, 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012072>.
- Salim, M. A. (2019). *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih (Studi Kasus Kecamatan Bekasi Utara)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Septiani, R. S. (2018). *Pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Bekasi*. Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Soares, A. J. (2021). Evaluating Water Distribution System Performance in Timor-Leste Using EPANET. *Journal of Water Supply and Management*, 35(2), 178-191.
- Sukarto, H. (2017). Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum di Banyuwangi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 9(1), 30-42.
- Toelle, M., Prasetyo, B., & Rahmadani, T. (2022). Effectiveness of Looped Water Distribution Systems in Urban Planning. *International Journal of Civil Engineering and Water Resources*, 29(1), 55-70.
- Widiarti, R., Haryanto, S., & Jatmiko, P. (2020). Hydraulic Analysis of Water Distribution Networks Using EPANET: Case Study in Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 15(4), 92-105.