



Forecasting Kebutuhan Air Beserta Nilai Ekonomis Air di Kota Malang Tahun 2023-2027

Dicky Arinta^{a*}, Betty Masruroh^a, Fatiya Rosyida^a, Mohamad Arif^a, Slamet Suyadi^b

^aUniversitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia,

^bSekolah Tinggi Agama Hindu Shantika Dharma Malang, Jl. Danau Bratan Timur IV Blok D-27, Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author, email: Surel: dicky.arinta@um.ac.id

Paper received: 3-1-2023; accepted: 15-1-2023; published: 31-1-2023

Abstract

Water demand in Malang increases by more than 13 percent yearly in all sub-districts. This increase was caused by factors such as population growth, agricultural land area, livestock population, and development of the industrial sector. This increase has a significant impact on water needs. Water needs are always synonymous with water availability. The problem of water availability in Malang City requires sustainable and data-based efforts to solve it. One effort that can be made is to make more accurate predictions of water use. The aim of this research is to analyse the use and economic value of water in Malang City along with predictions for the future. This research method adopts a quantitative approach involving time series analysis methods by applying forecast techniques using exponential triple smoothing. The research results show that in 2023-2027, water use will increase. Still, the water funding obtained by Malang City PDAM is causing water and commercial losses.

Keywords: forecasting; PDAM Malang City; water requirements; economic value

Abstrak

Kebutuhan air di Malang meningkat lebih dari 13 persen setiap tahun di semua kecamatan. Peningkatan ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti pertumbuhan jumlah penduduk, luas lahan pertanian, populasi ternak, dan perkembangan sektor industri. Peningkatan ini sangat berpengaruh pada kebutuhan air. Kebutuhan air selalu identik dengan ketersediaan air. Permasalahan ketersediaan air di Kota Malang memerlukan upaya yang berkelanjutan dan berbasis data untuk menyelesaikannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan prediksi penggunaan air yang lebih akurat. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penggunaan dan nilai ekonomis air di Kota Malang beserta dengan prediksinya di masa mendatang. Metode penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif yang melibatkan metode analisis time series dengan menerapkan teknik forecast menggunakan eksponensial triple smoothing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahun 2023-2027 penggunaan air meningkat tetapi pendanaan air yang didapat PDAM Kota Malang mengalami sehingga PDAM Kota Malang mengalami kehilangan air dan komersil.

Kata kunci: forecasting; PDAM Kota Malang; kebutuhan air; nilai ekonomis

1. Introduction

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling penting bagi kehidupan manusia. Air digunakan untuk berbagai keperluan, seperti minum, mandi, memasak, mencuci, dan irigasi. Kota Malang sebagai salah satu kota pendidikan menghadapi sejumlah masalah yang mendesak terkait air. Hal ini dipengaruhi oleh perpindahan penduduk, pertumbuhan penduduk yang cepat, perkembangan industri, perubahan iklim, pengelolaan sumber daya air yang tidak efisien, dan potensi krisis air di masa depan (Mayor, 2019; Untari & Kusnadi, 2015). PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) sebagai penyedia layanan air bersih juga memiliki implikasi besar dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat. Sehingga, diperlukan sebuah analisis yang menyeluruh, termasuk juga perkiraan mengenai nilai ekonomisnya, agar dapat memastikan kelangsungan pasokan air dalam jangka panjang.

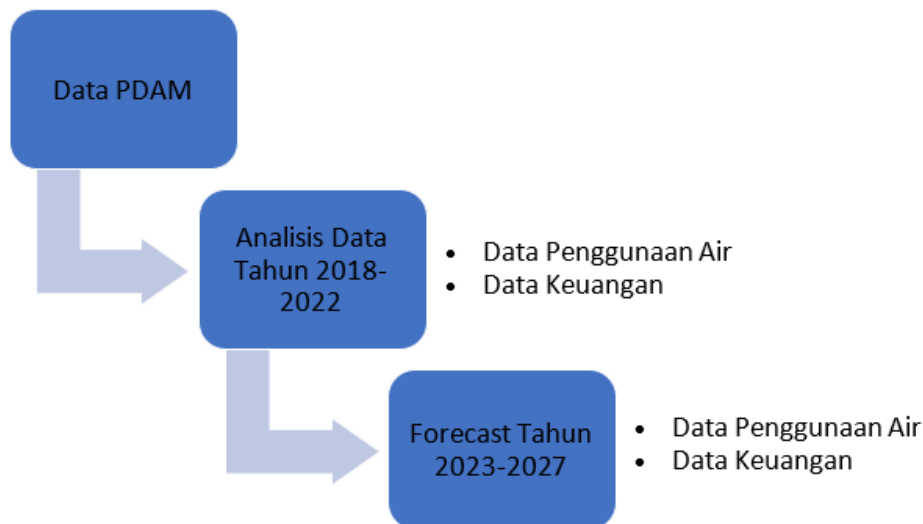
Hasil studi Admadhani, Haji, dan Susanawati (2014) ditemukan bahwa kebutuhan air di Malang meningkat lebih dari 13% setiap tahun di semua Kecamatan. Peningkatan ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti pertumbuhan jumlah penduduk, luas lahan pertanian, populasi ternak, dan perkembangan sektor industri. Temuan ini juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Pujiraharjo, Rachmansyah, Wijatmiko, dan Anwar (2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasokan air di Malang Raya saat ini masih memadai, tetapi penurunan debit air dapat menyebabkan pasokan air menjadi tidak mencukupi di masa depan. Hasil serupa juga disampaikan oleh Iman, Riawan, Setiawan, dan Abdurahman (2017). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa secara spasial, wilayah barat dan selatan Malang mengalami peningkatan risiko tingkat tinggi ketersediaan air yang berubah menjadi risiko sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang cepat dan perubahan dalam penggunaan lahan.

Permasalahan ketersediaan air di Kota Malang memerlukan upaya yang berkelanjutan dan berbasis data untuk menyelesaikannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan prediksi penggunaan air yang lebih akurat. Penelitian-penelitian terdahulu telah melakukan prediksi penggunaan air di Kota Malang. Prediksi ini dilakukan dengan memanfaatkan data historis tentang konsumsi air yang dimiliki oleh PDAM. Pemahaman terkait tren penggunaan air di masa lalu akan dapat menghasilkan proyeksi yang lebih baik tentang kebutuhan air di masa depan. Namun, belum dilakukan analisis nilai ekonomis dari layanan yang disediakan oleh PDAM beserta prediksi keuangan PDAM dimasa depan. Padahal dengan menilai nilai ekonomis dari pasokan air, dapat diidentifikasi apakah tarif air saat ini mencerminkan biaya yang sebenarnya dan apakah cukup untuk mendukung investasi dalam infrastruktur air yang lebih baik. Hal ini akan membantu memastikan kelangsungan pasokan air dalam jangka panjang.

Oleh sebab itu, fokus utama penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap penggunaan dan nilai ekonomis air di Kota Malang beserta dengan prediksinya dimasa mendatang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang cara mengatasi masalah ketersediaan air di Kota Malang dengan menggunakan pendekatan yang berkelanjutan dan berdasarkan data. Tindakan ini juga diharapkan akan membantu memastikan bahwa pasokan air tetap mencukupi sekaligus menjaga keseimbangan keuangan PDAM.

2. Method

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif yang melibatkan metode analisis time series dengan menerapkan teknik forecast menggunakan eksponensial triple smoothing. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menerapkan metode ini meliputi pengumpulan data historis penggunaan air dan pendapatan yang berkaitan dengan penyediaan air di Kota Malang, pemilihan parameter yang sesuai untuk eksponensial triple smoothing, dan analisis data menggunakan perangkat lunak statistik. Pemilihan parameter dilakukan berdasarkan evaluasi kinerja model dan kecocokan dengan data historis yang ada. Metode ini dipilih karena kombinasi keakuratannya dan kemudahannya dalam melakukan prediksi berdasarkan data historis (Brentan, Luvizotto Jr, Herrera, Izquierdo, & Pérez-García, 2017; Desmonda, Tursina, & Irwansyah, 2018; Dewi, Kartikasari, & Mursityo, 2014; Masruroh, Deffinika, & Farida, 2023). Sedangkan data utama penelitian ini adalah data penggunaan air dan pendapatan yang berkaitan dengan penyediaan air di Kota Malang. Data ini mencakup lima kecamatan, yaitu Sukun, Lowokwaru, Kedungkandang, Klojen, dan Blimbing (Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Malang, 2023). Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1.

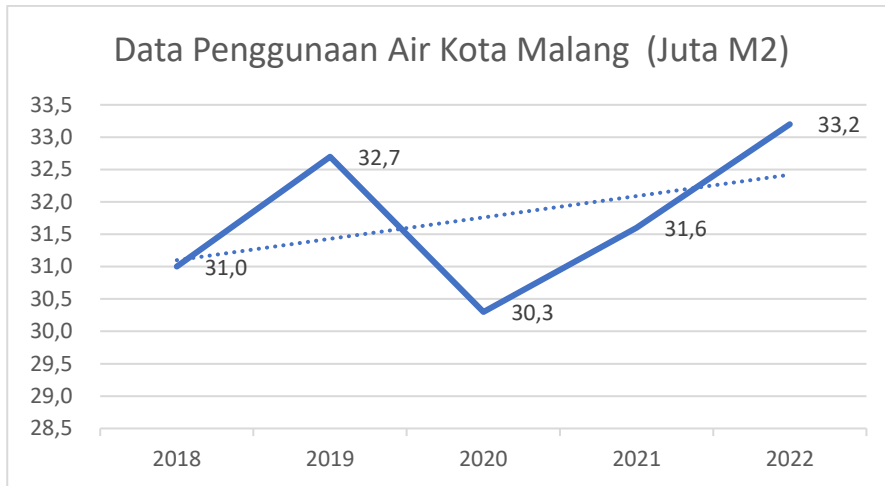


Gambar 1. Tahapan Penelitian

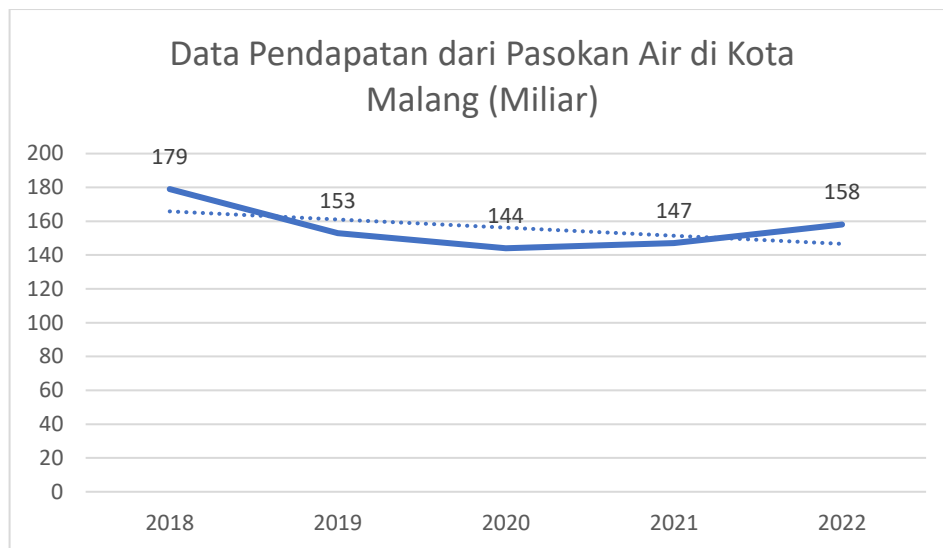
3. Results and Discussion

3.1. Analisis Data Tahun 2018-2022

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang di perlukan oleh untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang akan datang. Kebutuhan air untuk fasilitas-fasilitas sosial ekonomi atau non domestik harus dibedakan dan memperhatikan kapasitas produksi yang ada, tingkat kebocoran dan pelayanan. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih untuk keperluan sehari-hari dalam rumah tangga. Analisis kebutuhan air bersih untuk masa yang akan datang menggunakan standar-standar yang telah ditetapkan digunakan untuk memprediksi terkait dengan kebutuhan air di masa mendatang dan keuangan pada PDAM. Gambar 2 dan 3 menunjukkan data penggunaan air dan pendapatan pada tahun 2018-2022 yang berkaitan dengan penyediaan air di Kota Malang diakses pada tanggal 25 Juli 2023.



Gambar 2. Data Penggunaan Air di Kota Malang Tahun 2018-2022 dalam Juta m³



Gambar 3. Data Pendapatan dari Pasokan Air di Kota Malang (Miliar)

Hasil analisis data historis penggunaan air di Kota Malang menunjukkan adanya tren kenaikan penggunaan air dalam beberapa tahun terakhir. Selain itu, terdapat juga penurunan pendapatan yang berkaitan dengan penyediaan air. Hal ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara peningkatan penggunaan air dan pendapatan yang dihasilkan.

Secara teoritis semakin besar penggunaan air, maka pendapatan dari pasokan air juga semakin besar untuk PDAM. Trend Penurunan baik pasokan air dan pendapatan terjadi pada tahun 2020 sehingga PDAM Kota Malang kehilangan air. Kehilangan air didefinisikan sebagai selisih antara produksi dan air tagihan berdasarkan meteran konsumen. Kehilangan air menyebabkan PDAM tidak mampu memenuhi kebutuhan air minum, pendapatan yang menurun, biaya operasional yang meningkat, dan infrastruktur yang memburuk.

Selain itu, kehilangan air baik secara fisik maupun komersial juga menjadi masalah yang perlu ditangani. Kehilangan air fisik dapat disebabkan oleh kebocoran pada pipa, tangki, atau sistem distribusi lainnya. Sedangkan kehilangan air komersial dapat terjadi akibat

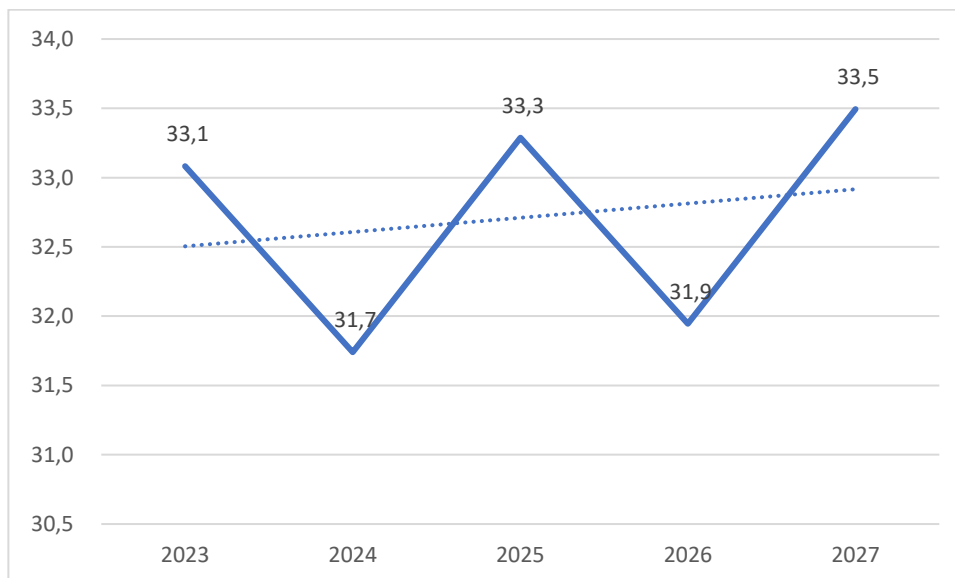
ketidakakuratan meter pelanggan atau tindakan ilegal dalam penggunaan air dan untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perbaikan infrastruktur.

Penyebab utama kehilangan air di PDAM Kota Malang adalah kebocoran pipa di Pulungdowo. Kebocoran pipa Pulungdowo terjadi pada tahun 2020. Pipa yang bocor merupakan jaringan pipa transmisi berdiameter 500 milimeter. Pipa tersebut dipendam pada kedalaman 2 meter. Penyebab kebocoran pipa ini menyebabkan kurang lebih 21.000 KK terancam kebutuhan krisis air bersih.

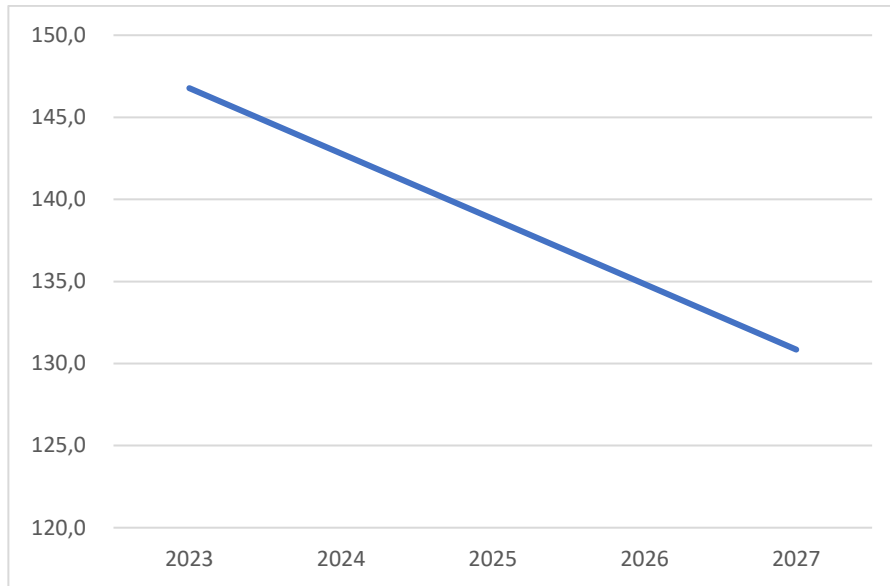
Kehilangan air yang dialami oleh PDAM ini menyebabkan terhambatnya pasokan air bersih di masyarakat. Hal ini menyebabkan penurunan kepercayaan masyarakat kepada PDAM. PDAM sebagai perusahaan daerah yang memonopoli kebutuhan air di Kota Malang dianggap belum mampu mencukupi kebutuhan air di Kota Malang hingga mengalami kehilangan komersil. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perbaikan infrastruktur secara menyeluruh sehingga PDAM tidak akan mengalami kerugian yang dapat berimbas pada kepercayaan masyarakat.

3.2. Forecast Tahun 2023-2027

Prediksi penggunaan air di Kota Malang dari Tahun 2023 hingga 2027 menunjukkan fluktuasi, namun secara keseluruhan rata-rata penggunaan air selama 5 tahun adalah sekitar 32,7 juta m³. Gambar 4 menunjukkan perubahan ini dengan jelas. Menariknya, meskipun permintaan air cukup tinggi, pendapatan PDAM Kota Malang, yang diilustrasikan dalam Gambar 5, mengalami penurunan seiring waktu.



Gambar 4. Prediksi Pemakaian Air di Kota Malang Mulai Tahun 2023-2027 dalam m³



Gambar 5. Prediksi Pendapatan PDAM di Kota Malang Tahun 2023-2027 dalam Miliar

Data menunjukkan bahwa prediksi tahun 2023-2027, PDAM Kota Malang akan mengalami kehilangan air baik secara fisik maupun non fisik. Kehilangan air secara fisik dipahami sebagai kehilangan air dalam bentuk fisiknya dari sistem bertekanan sampai titik meteran pelanggan (distribusi). Kehilangan air dalam bentuk fisik adalah kebocoran pada pipa, *joint, fitting*, kebocoran pada tangki atau *reservoir*, limpahan air yang keluar dari *reservoir* serta *open drain* atau sistem *blow-off* yang tidak memadai (Hatma, Sundoro, & Soedjono, 2023). Sedangkan kehilangan air secara non fisik adalah kehilangan pendapatan atas pengelolaan air. Selain itu kehilangan air non fisik dapat berupa meteran air yang tidak akurat baik pada meteran produksi maupun meteran air di pelanggan atau pencurian atau pemakaian ilegal konsumsi air (Suryawan, 2019; Sya'bani, 2016).

Kehilangan air fisik mengakibatkan tidak sampainya pasokan air kepada masyarakat, yang pada gilirannya meningkatkan biaya operasional. Biaya operasional yang meningkat memerlukan investasi yang lebih besar daripada yang seharusnya untuk meningkatkan kapasitas jaringan (Romdloni, Ahyar, & Soedjono, 2021). Di sisi lain, kehilangan air non-fisik atau komersial, yang disebabkan oleh ketidakakuratan pengukuran meteran pelanggan dan manajemen data yang buruk, mengakibatkan penurunan pendapatan, yang secara langsung mengurangi sumber daya keuangan perusahaan. Kehilangan air fisik dan komersial menciptakan kesan negatif terhadap kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (Aulia & Syarvina, 2022; Lextria, 2021). Di banyak negara berpenghasilan rendah, kerugian ini dapat mencapai 50-60% dari layanan air, dengan perkiraan global sekitar 35% (Romdloni et al., 2021; Saparina, 2017).

Pencarian kehilangan air fisik secara aktif adalah salah satu tindakan dalam rangka untuk mengendalikan kehilangan air fisik. Salah satu metode yang sangat efektif dalam pencarian kehilangan air fisik yaitu metode *steptest*. Metode *steptest* adalah salah satu teknik untuk mencari lokasi atau area dengan jumlah kehilangan air terbesar di dalam DMA (Rachmalia, Setiadi Soedjono, & Rumambo Pandin, 2022). Proses menjalankan metode *steptest* dilakukan pada waktu pemakaian minimum antara pukul 24.00–02.00. Secara teknis pelaksanaan *steptest* adalah dengan memasang *flow meter portable (ultrasonic flow meter)* di

pipa inlet DMA yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian valve di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan (Romdloni et al., 2021; Saparina, 2017). Dengan metode ini akan diketahui ruas yang memiliki indikasi kehilangan air tertinggi.

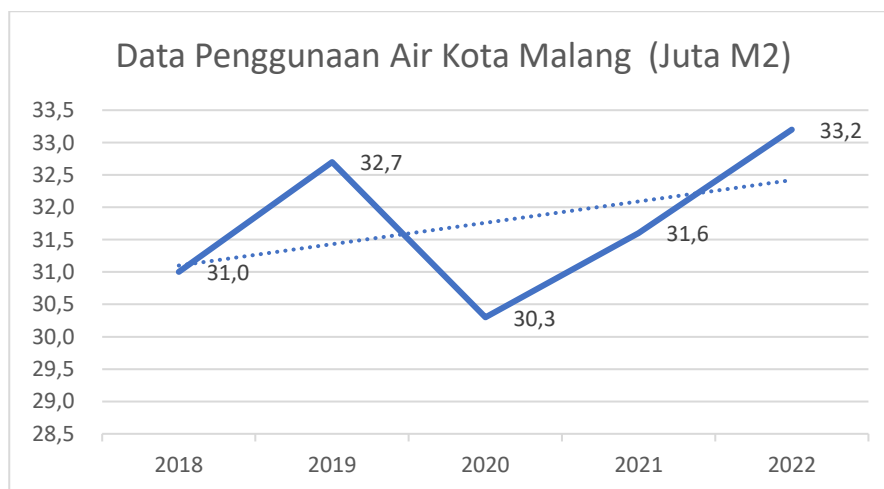
PDAM Kota Malang perlu melakukan langkah-langkah strategis untuk memastikan pasokan air yang optimal dan keberlanjutan finansial dalam menghadapi tantangan kehilangan air baik secara fisik maupun komersial. Perbaikan infrastruktur, termasuk deteksi dan perbaikan kebocoran fisik, serta pengelolaan data pelanggan yang lebih akurat, menjadi langkah kunci (Elfizalina, 2019). Selain itu, perusahaan perlu mempertimbangkan upaya untuk meningkatkan kepercayaan masyarakat dengan memberikan pelayanan yang lebih baik.

Proyeksi ke depan adalah meskipun permintaan air masih tinggi harus diupayakan efisiensi operasional untuk mengatasi kehilangan air. Dengan demikian, PDAM Kota Malang dapat memberikan pelayanan air yang lebih handal, meningkatkan kepercayaan masyarakat, dan memastikan kelangsungan keuangan perusahaan. Dengan pendekatan yang terarah dan strategis, PDAM dapat mengatasi tantangan ini dan memastikan pasokan air yang memadai bagi warga Kota Malang.

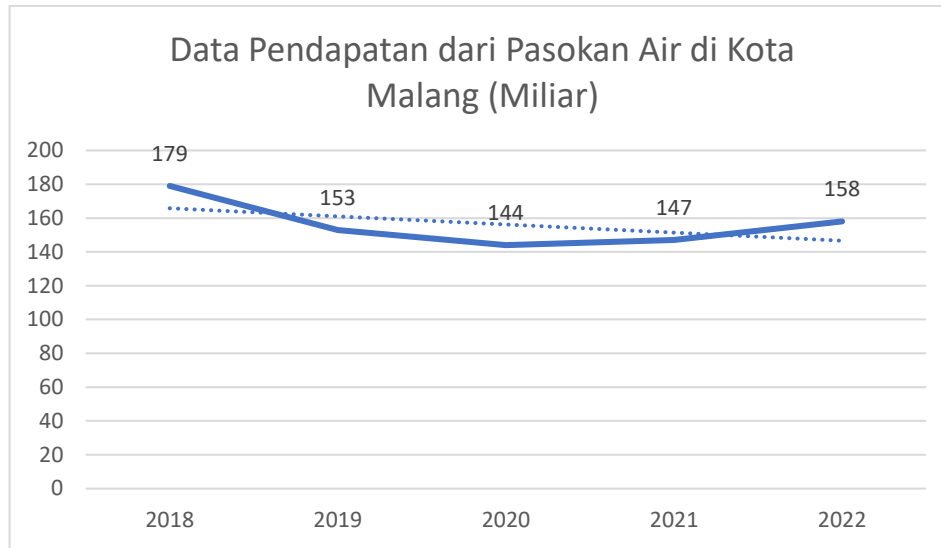
4. Conclusion

4.1. Analisis Data Tahun 2018-2022

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang di perlukan oleh untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang akan datang. Kebutuhan air untuk fasilitas-fasilitas sosial ekonomi atau non domestik harus dibedakan dan memperhatikan kapasitas produksi yang ada, tingkat kebocoran dan pelayanan. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih untuk keperluan sehari-hari dalam rumah tangga. Analisis kebutuhan air bersih untuk masa yang akan datang menggunakan standar-standar yang telah ditetapkan digunakan untuk memprediksi terkait dengan kebutuhan air di masa mendatang dan keuangan pada PDAM. Gambar 2 dan 3 menunjukkan data penggunaan air dan pendapatan pada tahun 2018-2022 yang berkaitan dengan penyediaan air di Kota Malang diakses pada tanggal 25 Juli 2023.



Gambar 2. Data Penggunaan Air di Kota Malang Tahun 2018-2022 dalam Juta m³



Gambar 3. Data Pendapatan dari Pasokan Air di Kota Malang (Miliar)

Hasil analisis data historis penggunaan air di Kota Malang menunjukkan adanya tren kenaikan penggunaan air dalam beberapa tahun terakhir. Selain itu, terdapat juga penurunan pendapatan yang berkaitan dengan penyediaan air. Hal ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara peningkatan penggunaan air dan pendapatan yang dihasilkan.

Secara teoritis semakin besar penggunaan air, maka pendapatan dari pasokan air juga semakin besar untuk PDAM. Trend Penurunan baik pasokan air dan pendapatan terjadi pada tahun 2020 sehingga PDAM Kota Malang kehilangan air. Kehilangan air didefinisikan sebagai selisih antara produksi dan air tagihan berdasarkan meteran konsumen. Kehilangan air menyebabkan PDAM tidak mampu memenuhi kebutuhan air minum, pendapatan yang menurun, biaya operasional yang meningkat, dan infrastruktur yang memburuk.

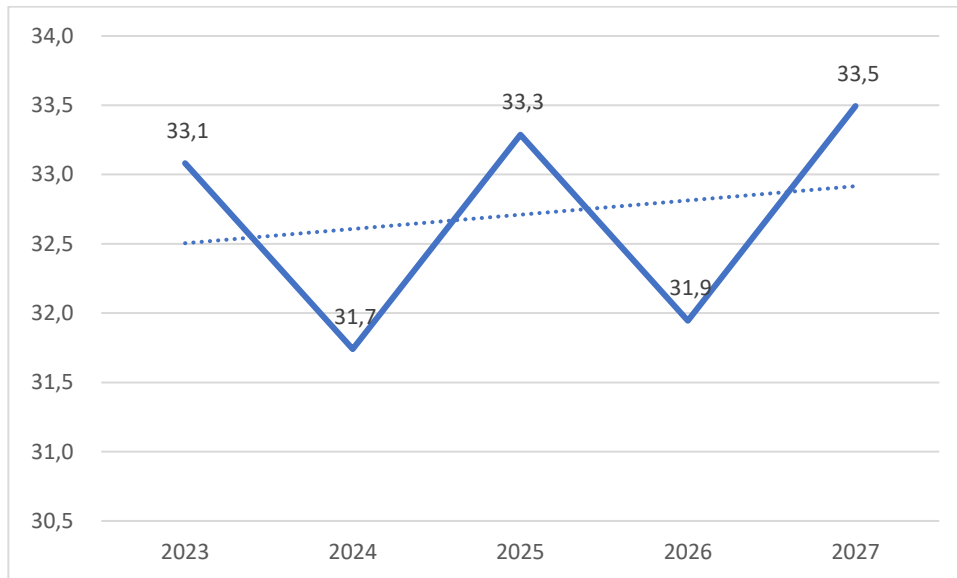
Selain itu, kehilangan air baik secara fisik maupun komersial juga menjadi masalah yang perlu ditangani. Kehilangan air fisik dapat disebabkan oleh kebocoran pada pipa, tangki, atau sistem distribusi lainnya. Sedangkan kehilangan air komersial dapat terjadi akibat ketidakakuratan meter pelanggan atau tindakan ilegal dalam penggunaan air dan untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perbaikan infrastruktur.

Penyebab utama kehilangan air di PDAM Kota Malang adalah kebocoran pipa di Pulungdowo. Kebocoran pipa Pulungdowo terjadi pada tahun 2020. Pipa yang bocor merupakan jaringan pipa transmisi berdiameter 500 milimeter. Pipa tersebut dipendam pada kedalaman 2 meter. Penyebab kebocoran pipa ini menyebabkan kurang lebih 21.000 KK terancam kebutuhan krisis air bersih.

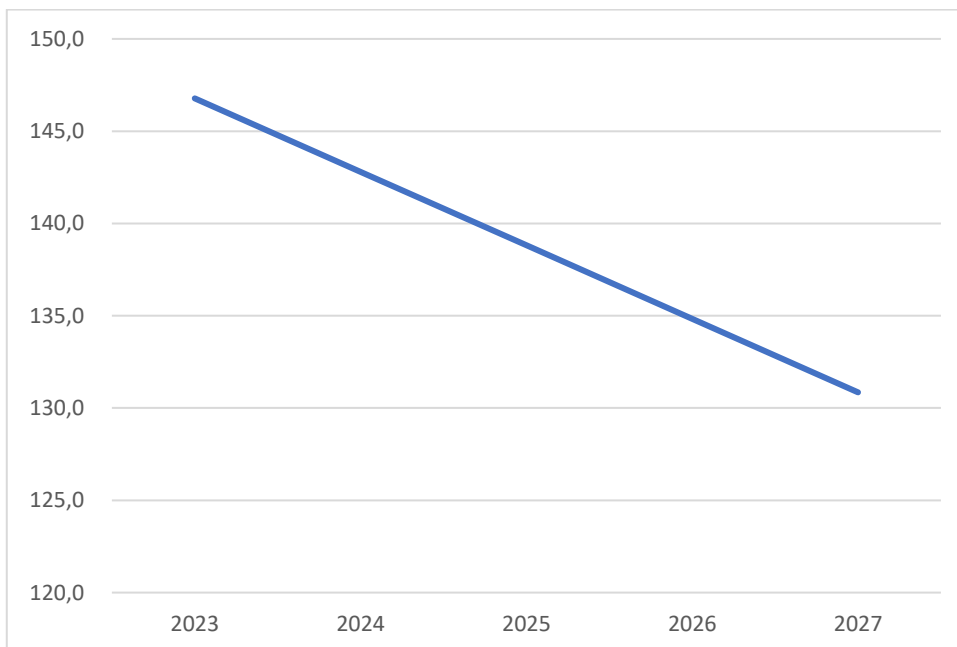
Kehilangan air yang dialami oleh PDAM ini menyebabkan terhambatnya pasokan air bersih di masyarakat. Hal ini menyebabkan penurunan kepercayaan masyarakat kepada PDAM. PDAM sebagai perusahaan daerah yang memonopoli kebutuhan air di Kota Malang dianggap belum mampu mencukupi kebutuhan air di Kota Malang hingga mengalami kehilangan komersial. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perbaikan infrastruktur secara menyeluruh sehingga PDAM tidak akan mengalami kerugian yang dapat berimbas pada kepercayaan masyarakat.

4.2. Forecast Tahun 2023-2027

Prediksi penggunaan air di Kota Malang dari Tahun 2023 hingga 2027 menunjukkan fluktuasi, namun secara keseluruhan rata-rata penggunaan air selama 5 tahun adalah sekitar 32,7 juta m³. Gambar 4 menunjukkan perubahan ini dengan jelas. Menariknya, meskipun permintaan air cukup tinggi, pendapatan PDAM Kota Malang, yang diilustrasikan dalam Gambar 5, mengalami penurunan seiring waktu.



Gambar 4. Prediksi Pemakaian Air di Kota Malang Mulai Tahun 2023-2027 dalam m³



Gambar 5. Prediksi Pendapatan PDAM di Kota Malang Tahun 2023-2027 dalam Miliar

Data menunjukkan bahwa prediksi tahun 2023-2027, PDAM Kota Malang akan mengalami kehilangan air baik secara fisik maupun non fisik. Kehilangan air secara fisik

dipahami sebagai kehilangan air dalam bentuk fisiknya dari sistem bertekanan sampai titik meteran pelanggan (distribusi). Kehilangan air dalam bentuk fisik adalah kebocoran pada pipa, *joint*, *fitting*, kebocoran pada tangki atau *reservoir*, limpahan air yang keluar dari *reservoir* serta *open drain* atau sistem *blow-off* yang tidak memadai (Hatma, Sundoro, & Soedjono, 2023). Sedangkan kehilangan air secara non fisik adalah kehilangan pendapatan atas pengelolaan air. Selain itu kehilangan air non fisik dapat berupa meteran air yang tidak akurat baik pada meteran produksi maupun meteran air di pelanggan atau pencurian atau pemakaian illegal konsumsi air (Suryawan, 2019; Sya'bani, 2016).

Kehilangan air fisik mengakibatkan tidak sampainya pasokan air kepada masyarakat, yang pada gilirannya meningkatkan biaya operasional. Biaya operasional yang meningkat memerlukan investasi yang lebih besar daripada yang seharusnya untuk meningkatkan kapasitas jaringan (Romdloni, Ahyar, & Soedjono, 2021). Di sisi lain, kehilangan air non-fisik atau komersial, yang disebabkan oleh ketidakakuratan pengukuran meteran pelanggan dan manajemen data yang buruk, mengakibatkan penurunan pendapatan, yang secara langsung mengurangi sumber daya keuangan perusahaan. Kehilangan air fisik dan komersial menciptakan kesan negatif terhadap kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (Aulia & Syarvina, 2022; Lextria, 2021). Di banyak negara berpenghasilan rendah, kerugian ini dapat mencapai 50-60% dari layanan air, dengan perkiraan global sekitar 35% (Romdloni et al., 2021; Saparina, 2017).

Pencarian kehilangan air fisik secara aktif adalah salah satu tindakan dalam rangka untuk mengendalikan kehilangan air fisik. Salah satu metode yang sangat efektif dalam pencarian kehilangan air fisik yaitu metode *steptest*. Metode *steptest* adalah salah satu teknik untuk mencari lokasi atau area dengan jumlah kehilangan air terbesar di dalam DMA (Rachmalia, Setiadi Soedjono, & Rumambo Pandin, 2022). Proses menjalankan metode *steptest* dilakukan pada waktu pemakaian minimum antara pukul 24.00–02.00. Secara teknis pelaksanaan *steptest* adalah dengan memasang *flow meter portable (ultrasonic flow meter)* di pipa inlet DMA yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian valve di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan (Romdloni et al., 2021; Saparina, 2017). Dengan metode ini akan diketahui ruas yang memiliki indikasi kehilangan air tertinggi.

PDAM Kota Malang perlu melakukan langkah-langkah strategis untuk memastikan pasokan air yang optimal dan keberlanjutan finansial dalam menghadapi tantangan kehilangan air baik secara fisik maupun komersial. Perbaikan infrastruktur, termasuk deteksi dan perbaikan kebocoran fisik, serta pengelolaan data pelanggan yang lebih akurat, menjadi langkah kunci (Elfizalina, 2019). Selain itu, perusahaan perlu mempertimbangkan upaya untuk meningkatkan kepercayaan masyarakat dengan memberikan pelayanan yang lebih baik.

Proyeksi ke depan adalah meskipun permintaan air masih tinggi harus diupayakan efisiensi operasional untuk mengatasi kehilangan air. Dengan demikian, PDAM Kota Malang dapat memberikan pelayanan air yang lebih handal, meningkatkan kepercayaan masyarakat, dan memastikan kelangsungan keuangan perusahaan. Dengan pendekatan yang terarah dan strategis, PDAM dapat mengatasi tantangan ini dan memastikan pasokan air yang memadai bagi warga Kota Malang.

References

- Admadhani, D. N., Haji, A. T. S., & Susanawati, L. D. (2014). Analisis ketersediaan dan kebutuhan air untuk daya dukung lingkungan (studi kasus Kota Malang). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 13–20.
- Aulia, N., & Syarvina, W. (2022). Analysis of clean water distribution network system and service quality on customer satisfaction (case study of PDAM Tirtanadi, Cemara Branch, Medan City, North Sumatra Province). *Jurnal Fokus Manajemen*, 2(1), 79–86.
- Brentan, B. M., Luvizotto Jr, E., Herrera, M., Izquierdo, J., & Pérez-García, R. (2017). Hybrid regression model for near real-time urban water demand forecasting. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 309, 532–541.
- Desmonda, D., Tursina, T., & Irwansyah, M. A. (2018). Prediksi besaran curah hujan menggunakan metode fuzzy time series. *JUSTIN (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 6(4), 145–149.
- Dewi, C., Kartikasari, D. P., & Mursityo, Y. T. (2014). Prediksi cuaca pada data time series menggunakan adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(1), 18–24.
- Elfizalina, E. (2019). *Strategi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Kepri dalam mengatasi tingkat kehilangan air*. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Hatma, A., Sundoro, M., & Soedjono, E. S. (2023). Studi penurunan tingkat kehilangan air fisik DMA GBR III cisarua Kabupaten Bandung Barat Perumda Air Minum Tirta Raharja. *Jurnal Darma Agung*, 31(1), 848–859.
- Iman, M. I., Riawan, E., Setiawan, B., & Abdurahman, O. (2017). Air tanah untuk adaptasi perubahan iklim di Malang, Jawa Timur: Penilaian risiko penurunan ketersediaan air. *Riset Geologi dan Pertambangan-Geology and Mining Research*, 27(1), 47–64.
- Lextria, W. I. (2021). *Evaluasi pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Darma Cabang Duri dalam peningkatan kepuasan pelanggan Kecamatan Mandau Tahun 2019*. Universitas Islam Riau.
- Masruroh, B., Deffinika, I., & Farida, U. (2023). Forecasting konsumsi air pelanggan SPAM WTP Brondong menggunakan metode time series untuk Tahun 2023-2027. *Jurnal MIPA dan Pembelajarannya (JMIPAP)*, 3(1), 1–11.
- Mayor, F. K. (2019). *Proyeksi kebutuhan air bersih Kota Blitar*. Universitas Brawijaya.
- Pujiraharjo, A., Rachmansyah, A., Wijatmiko, I., & Anwar, M. R. (2015). Pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air baku di Malang Raya. *Rekayasa Sipil*, 9(1), 1–8.
- Rachmalia, Q., Setiadi Soedjono, E., & Rumambo Pandin, G. N. (2022). Pencarian kehilangan air fisik di DMA 420 dengan metode step test Pdam Bandarmasih Kota Banjarmasin. *Journal of Syntax Literate*, 7(2), 2380–2387.
- Romdloni, A., Ahyar, A., & Soedjono, E. S. (2021). Studi kehilangan air fisik dan kehilangan air komersial (studi kasus PDAM Kota Malang). *Journal of Syntax Literate*, 6(Special Issue No. 2), 1189–1201.
- Saparina, W. (2017). *Penurunan kehilangan air di sistem distribusi Air Minum PDAM Kota Malang*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suryawan, I. B. G. (2019). *Analisa kehilangan air (non-revenue water) pada jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) studi Kasus Kecamatan Mengwi*. Universitas Ngurah Rai.
- Sya'bani, M. R. (2016). *Penerapan jaringan distribusi sistem District Meter Area (DMA) dalam Optimalisasi penurunan kehilangan air fisik ditinjau dari aspek teknis dan finansial (studi kasus: Wilayah layanan IPA Bengkuring PDAM Tirta Kencana Kota Samarinda)*. Institut Teknologi Bandung.
- Untari, T., & Kusnadi, J. (2015). Pemanfaatan air hujan sebagai air layak konsumsi di Kota Malang dengan metode modifikasi filtrasi sederhana. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4), 1492–1502.