



HUBUNGAN ANTARA TARIF AIR DAN TINGKAT KEHILANGAN AIR PADA PERUSAHAAN AIR DI INDONESIA

Ari Pradana Putra¹ Riatu M. Qibthiyyah²

Article history:

Submitted: 22 Agustus 2025

Revised: 29 Oktober 2025

Accepted: 13 November 2025

Keywords:

Indonesian water industry;

Ratio of tariffs and costs;

Water leakage;

Water loss;

Water tariffs;

Kata Kunci:

Industri air Indonesia;

Kebocoran air;

Kehilangan air;

Rasio tarif dan biaya;

Tarif air;

Koresponding:

Fakultas Ekonomi dan Bisnis,
Universitas Indonesia, Depok,
Indonesia

Email:

aripradanaputra@gmail.com

Abstract

High water loss is one of the main problems faced by water companies. This study aims to analyze the effect of the ratio of tariffs and costs on the level of water loss in water companies in Indonesia. An increase in the tariff and cost ratio can improve the financial capacity of water companies to deal with water loss problems. However, increased financial capacity is not necessarily used by water companies to reduce the level of water loss. This study uses a quantitative approach with two-way fixed effect panel data regression analysis, utilizing data from the performance audit all water companies in Indonesia. The results of the study indicate that there is an effect of increasing the tariff and cost ratio on reducing the level of water loss. Increasing the tariff and cost ratio can be done by increasing tariffs and/or reducing costs. This finding suggests that water tariffs can be used as an instrument to reduce the level of water loss. The government as a regulator can utilize the results of this study to create policies to reduce the level of water loss that are appropriate and fair for water companies and the community.

Abstrak

Tingkat kehilangan air yang tinggi merupakan salah satu permasalahan utama yang dihadapi oleh perusahaan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rasio tarif rata-rata dan biaya produksi per m³ air terhadap tingkat kehilangan air pada perusahaan air di Indonesia. Kenaikan rasio tarif dan biaya dapat meningkatkan kemampuan finansial perusahaan air untuk menangani masalah kehilangan air. Namun, peningkatan kemampuan finansial belum tentu digunakan oleh perusahaan air untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis regresi data panel *two-way fixed effect*, memanfaatkan data hasil audit kinerja seluruh perusahaan air di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh peningkatan rasio tarif dan biaya terhadap penurunan tingkat kehilangan air. Peningkatan rasio tarif dan biaya dapat dilakukan dengan meningkatkan tarif dan/atau menurunkan biaya. Temuan ini menunjukkan bahwa tarif air dapat digunakan sebagai instrumen untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Pemerintah sebagai regulator dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk membuat kebijakan penurunan tingkat kehilangan air yang tepat dan adil bagi perusahaan air dan masyarakat.

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia ²

Email: rqiibthiyyah@gmail.com²

PENDAHULUAN

Tingkat kehilangan air yang tinggi merupakan salah satu permasalahan utama yang dihadapi oleh perusahaan air sebagaimana diungkapkan oleh Molinos-Senante dkk. (2021); Shushu dkk. (2021) dan Sousa dkk. (2025). Tingkat kehilangan air menunjukkan proporsi volume air yang didistribusikan oleh perusahaan air tetapi tidak terjual ke konsumen sebagaimana didefinisikan oleh Jones dkk. (2021); Lencha & Babore (2025) dan Sousa dkk. (2025). Jiang dkk. (2022) menyatakan bahwa air merupakan komoditi yang sangat penting bagi keberlanjutan kehidupan manusia sehingga setiap orang harus dapat memperoleh akses terhadap air. Meireles dkk. (2023) menyatakan bahwa tingkat kehilangan air yang tinggi dapat mengurangi ketersediaan air bagi masyarakat. Tingkat kehilangan air yang tinggi juga menimbulkan kerugian ekonomis yang besar. Liemberger & Wyatt (2019) mengestimasi bahwa secara global tingkat kehilangan air sebesar 30 persen dari jumlah air yang diproduksi, dengan volume kehilangan sebesar 126 miliar m³ per tahun atau setara dengan US\$39 miliar per tahun.

Tingkat kehilangan air secara umum terbagi dalam dua jenis, yaitu kehilangan fisik dan kehilangan komersial sebagaimana diungkapkan oleh Farouk dkk. (2023); Jones dkk. (2021); dan Sousa dkk. (2025). Kehilangan fisik terkait dengan jumlah air yang masuk ke dalam sistem distribusi tetapi tidak sampai kepada konsumen. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh kebocoran atau kerusakan jaringan pipa. Kehilangan komersial terkait dengan jumlah air yang sampai kepada konsumen tetapi tidak muncul tagihannya. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh ketidakakuratan meter air dan pencurian air. Secara umum, kehilangan fisik menyumbang proporsi yang lebih besar terhadap kehilangan air daripada kehilangan komersial sebagaimana diungkapkan oleh Ananda (2019) di Australia; Shushu dkk. (2021) di Tanzania; serta Heryanto dkk. (2021) dan Khairunisa Suharno dkk. (2024) di Indonesia.

Upaya untuk menurunkan tingkat kehilangan air harus dapat mengatasi kehilangan fisik dan komersial sebagaimana diungkapkan oleh Farouk dkk. (2023). Upaya penurunan tingkat kehilangan fisik antara lain, mengatur tekanan air, mendeteksi kebocoran, memperbaiki kebocoran sesegera mungkin, membagi area jaringan distribusi ke dalam beberapa zona yang terisolasi, dan merehabilitasi jaringan perpipaan seperti diungkapkan oleh Ahopelto & Vahala (2020) dan Farouk dkk. (2023). Penanganan kehilangan komersial dilakukan dengan meningkatkan kualitas sistem meteran air, memperbaiki ketidakakuratan penagihan, dan meningkatkan pengawasan dan penindakan pencurian air sebagaimana diungkapkan oleh Farouk dkk. (2023).

Penurunan tingkat kehilangan air memerlukan dukungan finansial yang memadai sebagaimana diungkapkan oleh Ahopelto & Vahala (2020) serta Molinos-Senante dkk. (2021). Salah satu langkah penting agar perusahaan dapat menutupi seluruh biaya operasionalnya adalah dengan menetapkan tarif yang tepat sebagaimana diungkapkan oleh Jiang dkk. (2022) dan Arifin dkk. (2022). Namun tarif air juga jangan terlalu tinggi karena dapat menambah pengeluaran rumah tangga. Penambahan pengeluaran akan menurunkan pendapatan bersih rumah tangga yang berpotensi meningkatkan angka kemiskinan atau pengangguran sebagaimana diungkapkan oleh Klarasanti & Bendesa (2024); Wayan Linggawati & Wayan Wenagama (2022); serta Yohanes Thesia & Karmini (2022).

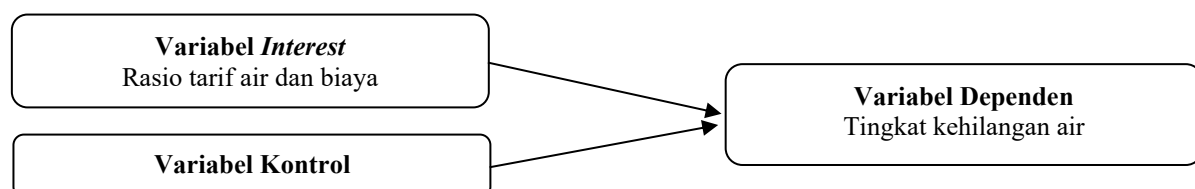
Penelitian Berg (2015) dan Güngör-Demirci dkk. (2018) menggunakan model estimasi regresi panel *fixed effect* untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kehilangan air. Hasil kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar pendapatan dibandingkan dengan biaya, semakin rendah tingkat kehilangan air yang terjadi.

Sebagian penelitian lain ternyata tidak menunjukkan adanya pengaruh tarif air terhadap tingkat kehilangan air. Penelitian Molinos-Senante dkk. (2019) di Chili bertujuan untuk mengevaluasi apakah terdapat insentif dari tarif air yang tinggi bagi perusahaan air untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Penelitian ini fokus pada penentuan harga bayangan air dengan menggunakan metode *stochastic frontier analysis*. Harga bayangan air sendiri adalah biaya yang timbul dari hilangnya satu m³ air yang terbuang

akibat kehilangan air, atau biaya yang dibutuhkan untuk mengurangi kebocoran sebanyak satu m³ air, yang disebut sebagai harga ekonomis dari air oleh Molinos-Senante dkk. (2019). Apabila tarif air lebih tinggi dari harga bayangan air, maka pendapatan yang diperoleh perusahaan air akan lebih besar dari biaya untuk mengurangi kebocoran air. Dalam kondisi ini, perusahaan air seharusnya memiliki insentif ekonomi untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa insentif ekonomi yang dimiliki oleh perusahaan air tidak mendorong penurunan tingkat kehilangan air.

Perbedaan simpulan penelitian sebelumnya kemungkinan disebabkan oleh pemilihan sampel dan metode penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian Berg (2015) berasal dari *database* yang tersedia pada International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET). Keikutsertaan perusahaan dalam *database* IBNET bersifat sukarela sehingga terdapat kemungkinan perusahaan-perusahaan yang performanya baik lebih banyak ikut serta dibandingkan perusahaan-perusahaan yang performanya buruk (Berg, 2015). Sementara itu, data yang digunakan dalam penelitian Güngör-Demirci dkk. (2018) tidak mencakup distrik yang belum menggunakan meteran air. Selain itu, rata-rata tingkat kehilangan air di California cenderung rendah, sekitar 10 persen. Akibatnya, sampel yang digunakan dalam kedua penelitian tersebut belum tentu merepresentasikan seluruh populasi perusahaan. Hasil penelitian Molinos-Senante dkk. (2019) tidak menyimpulkan apakah tingkat kehilangan air akan turun apabila terjadi peningkatan rasio tarif air dan harga air, dan begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan metode yang digunakan dalam penelitian ini lebih berfokus pada penghitungan harga bayangan air. Metode yang digunakan tidak secara spesifik menganalisis hubungan antara tarif air dan tingkat kehilangan air.

Perbedaan simpulan dan keterbatasan dalam penelitian sebelumnya mendorong penulis untuk melakukan penelitian yang lebih komprehensif untuk menganalisis hubungan antara tarif air dan tingkat kehilangan air. Penelitian menggunakan data populasi nasional di Indonesia untuk menghilangkan bias seleksi serta menggunakan data hasil audit lembaga independen untuk meningkatkan objektivitas data yang diperoleh. Model penelitian ditampilkan pada gambar 1.



Sumber: Data penelitian, 2025

Gambar 1. Model Penelitian

Ada atau tidaknya hubungan antara tarif air dan tingkat kehilangan air dapat membantu pemerintah dalam mengambil kebijakan untuk mengurangi kerugian ekonomis yang terjadi. Apabila tarif air yang lebih tinggi dari biaya mampu mendorong perusahaan air untuk menurunkan tingkat kehilangan air, regulator dapat mengambil kebijakan mendorong peningkatan efisiensi perusahaan dan/atau menaikkan tarif air untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Sebaliknya, jika tidak terdapat pengaruh, regulator perlu menggunakan instrumen lain untuk menurunkan tingkat kehilangan air. Oleh karena itu, hipotesis yang diajukan adalah:

- H0 : Rasio tarif dengan biaya produksi rata-rata air per m³ tidak berpengaruh terhadap tingkat kehilangan air pada perusahaan air di Indonesia.
- H1 : Rasio tarif dengan biaya produksi rata-rata air per m³ berpengaruh terhadap tingkat kehilangan air pada perusahaan air di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Data dalam penelitian ini berasal dari hasil audit kinerja seluruh perusahaan air di Indonesia pada periode 2019-2023. Data penelitian bersumber dari hasil audit kinerja Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan (BPKP) yang mencakup 396 perusahaan air di Indonesia. Audit kinerja dilakukan berdasarkan metode dan standar baku yang berlaku di seluruh Indonesia. Hal ini akan meningkatkan kualitas dan keseragaman metode pengambilan data dari tiap-tiap perusahaan air di Indonesia.

Struktur panel data adalah *unbalanced*, di mana tidak setiap perusahaan air memiliki data di periode observasi selama 5 tahun. Dari total 396 perusahaan air, terdapat 385 perusahaan (97,22 persen) yang memiliki data di seluruh periode observasi, dan hanya 11 perusahaan (2,78 persen) yang datanya tidak terdapat di seluruh periode observasi. Struktur panel data disajikan pada tabel 1. Oleh karena kecilnya jumlah perusahaan yang datanya tidak terdapat di seluruh periode observasi (hanya 2,78 persen), penulis tidak melakukan pengujian tambahan terkait ketiadaan data tersebut.

Tabel 1.
Struktur Panel Data

| Frekuensi | persen | Kumulatif | Pola |
|-----------|--------|-----------|-------|
| 385 | 97,22 | 97,22 | 11111 |
| 3 | 0,76 | 97,98 |1 |
| 3 | 0,76 | 98,74 | ...11 |
| 2 | 0,51 | 99,24 | 1111. |
| 1 | 0,25 | 99,49 | ...1. |
| 1 | 0,25 | 99,75 | ..111 |
| 1 | 0,25 | 100,00 | .1111 |
| 396 | 100,00 | | |

Sumber: Data penelitian, 2025

Model empiris penelitian yang digunakan adalah estimasi regresi panel *two-way fixed effect* Wooldridge (2021) yang dirumuskan sebagai berikut.

$$WL_{it} = c_i + \beta TC_{it} + \lambda X_{it} + \delta_t + u_{it} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- WL_{it} = Tingkat kehilangan air (dalam persen)
 TC_{it} = Rasio tarif rata-rata dan biaya air per m³ (dalam persen)
 X_{it} = Variabel kontrol yang terdiri atas kapasitas produksi, konsumsi air per pelanggan, jumlah pelanggan, biaya pemeliharaan per pelanggan, biaya depresiasi per pelanggan, dan rasio pegawai per 1.000 pelanggan.
 c_i = *Unobserved fixed effect* untuk setiap perusahaan.
 δ_t = *Time fixed effect*.
 β = Koefisien variabel *interest*
 λ = Koefisien variabel kontrol
 u_{it} = *idiosyncratic error term*.

Penggunaan model estimasi regresi panel *two-way fixed effect* digunakan mengatasi masalah *omitted variable bias* karena heterogenitas dalam data serta *unobserved time-specific effects* secara bersamaan. Hal ini dilakukan dengan mengendalikan variabel-variabel yang tidak dapat diamati, tidak dapat diukur, atau tidak diperoleh datanya, yang tidak berubah sepanjang waktu namun bervariasi antar perusahaan yang disebut dengan *individual unobserved effect*. Pengendalian terhadap variabel yang tidak dapat diamati akan meningkatkan akurasi dari estimasi regresi yang digunakan.

Beberapa *individual unobserved effect* yang ingin dikendalikan dalam penelitian ini terkait dengan karakteristik regional di mana perusahaan air beroperasi. Karakteristik regional ini dapat berasal

dari kondisi alam seperti topografi, iklim, jenis tanah sebagaimana diungkapkan oleh Meireles dkk. (2023), tingkat urbanisasi sebagaimana diungkapkan oleh Sousa dkk. (2025), maupun dari kondisi infrastruktur yang dimiliki oleh perusahaan air sebagaimana diungkapkan oleh Jones dkk. (2021). Karakteristik regional yang berbeda-beda dapat membuat perbedaan yang signifikan antara tingkat kehilangan air di suatu daerah dan daerah lainnya (Sousa dkk., 2025). Karakteristik ini khas untuk setiap daerah, tidak berubah, dan sering kali tidak dapat diukur atau tidak terdapat data yang andal terkait pengukurannya. Penggunaan model *fixed effect* dapat mengendalikan *individual unobserved effect* tersebut tanpa perlu mengetahui nilainya.

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah tingkat kehilangan air yang dinyatakan dalam persen. Tingkat kehilangan air merupakan proporsi volume air yang tidak terjual ke konsumen dari seluruh volume air yang didistribusikan oleh perusahaan. Nilai tingkat kehilangan air sebesar 0 persen menunjukkan tidak ada kehilangan air sama sekali. Variabel *interest* dalam penelitian ini adalah rasio tarif dan biaya air per m³ yang dinyatakan dalam persen. Tarif air rata-rata per m³ adalah total pendapatan air dibagi total volume air terjual. Biaya produksi air adalah total biaya operasi dan pemeliharaan, biaya depresiasi dan amortisasi, biaya bunga pinjaman, serta biaya tak terduga terkait operasional perusahaan air, dibagi dengan total volume air terjual. Rasio tarif dan biaya sebesar 100 persen menunjukkan tarif air rata-rata per m³ dapat menutupi seluruh biaya produksi air per m³.

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapasitas produksi, jumlah konsumsi air per pelanggan, jumlah pelanggan, biaya pemeliharaan, biaya depresiasi, dan rasio pegawai per 1.000 pelanggan. Kapasitas produksi dinyatakan dalam natural log dari kapasitas produksi perusahaan air dalam jutaan m³. Semakin besar kapasitas produksi perusahaan air, cenderung akan meningkatkan respons atas meningkatnya kehilangan air dengan menambah produksi (Berg, 2015). Jumlah konsumsi air per sambungan pelanggan dinyatakan dalam m³. Semakin tinggi nilai konsumsi per pelanggan akan menurunkan tingkat kehilangan air (Murrar, 2017). Jumlah pelanggan dinyatakan dalam ribuan. Penambahan pelanggan akan menambah kapasitas finansial perusahaan yang kemudian akan meningkatkan kemampuan perusahaan dalam menangani kehilangan air.

Biaya pemeliharaan per pelanggan dinyatakan dalam ribuan. Pemeliharaan jaringan air merupakan salah satu upaya untuk mengatasi kebocoran air sebagaimana diungkapkan oleh Farouk dkk. (2023). Kenaikan biaya pemeliharaan per pelanggan akan meningkatkan kualitas pemeliharaan atas jaringan yang kemudian akan menurunkan kehilangan air. Biaya depresiasi per pelanggan merupakan ukuran proksi atas peremajaan dan rehabilitasi infrastruktur pengolahan dan jaringan air yang dinyatakan dalam ribuan. Rehabilitasi jaringan air merupakan salah satu upaya untuk menurunkan tingkat kehilangan air sebagaimana diungkapkan oleh Farouk dkk. (2023). Kenaikan biaya depresiasi diperkirakan akan menurunkan kehilangan air. Rasio pegawai per pelanggan merupakan ukuran proksi atas efisiensi perusahaan air yang dihitung dari jumlah pegawai per 1000 pelanggan (Berg, 2015). Tingginya rasio pegawai menggambarkan rendahnya efisiensi perusahaan. Semakin tinggi rasio pegawai per pelanggan diperkirakan akan meningkatkan tingkat kehilangan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan statistik variabel-variabel penelitian dari tahun 2019-2023 yang terdiri dari nilai rata-rata (*mean*), nilai minimum, nilai maksimum dan standar deviasi dengan jumlah observasi sebanyak 1.950 disajikan pada tabel 2

Tabel 2.
Statistik Deskriptif

| | Obs. | Mean | Min | Max | Std. Dev. |
|---------------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------------|
| Tingkat kehilangan air (dalam persen) | 1,949 | 33,67 | 1,31 | 97,55 | 14,35 |

| | Obs. | Mean | Min | Max | Std. Dev. |
|---|-------------|-------------|------------|------------|------------------|
| Rasio Tarif dan Biaya (dalam persen) | 1,944 | 85,50 | 2,67 | 165,15 | 21,72 |
| Kapasitas Produksi (natural log per juta m ³) | 1,949 | 2,01 | -2,00 | 6,49 | 1,08 |
| Konsumsi air per pelanggan (dalam m ³) | 1,950 | 182,37 | 5,77 | 1.913,59 | 78,25 |
| Jumlah pelanggan (dalam ribuan) | 1,950 | 37,61 | 0,40 | 938,79 | 73,03 |
| Biaya depresiasi per pelanggan (dalam ribuan) | 1,917 | 228,49 | 0,86 | 12.836,06 | 385,11 |
| Biaya pemeliharaan per pelanggan (dalam ribuan) | 1,942 | 67,41 | 0,23 | 565,90 | 59,60 |
| Jumlah pegawai per 1000 pelanggan | 1,950 | 6,10 | 0,35 | 77,31 | 3,76 |

Sumber: Data penelitian, 2025

Merujuk pada jumlah observasi yang disajikan pada tabel 2, beberapa variabel tidak memiliki nilai. Hal ini terjadi karena tidak tersedianya data pada beberapa perusahaan air terkait variabel tersebut. Jumlah keseluruhan variabel yang tidak memiliki nilai sebanyak 49 observasi dari 1,950 observasi pada 8 variabel (0,31 persen). Variabel terbanyak yang tidak memiliki nilai adalah Biaya depresiasi per pelanggan sebanyak 33 dari 1,950 observasi (1,69 persen). Oleh karena kecilnya jumlah observasi dari variabel yang tidak memiliki nilai, penulis tidak melakukan pengujian tambahan terkait hal tersebut.

Berdasarkan hasil statistik deskriptif yang disajikan pada tabel 2, variabel dependen yaitu tingkat kehilangan air memiliki nilai rata-rata sebesar 33,67 dengan standar deviasi 14,35 serta nilai minimum sebesar 1,31 dan nilai maksimum sebesar 97,55. Hal ini menunjukkan distribusi yang cukup sempit dan sebagian besar perusahaan memiliki tingkat kehilangan air yang tidak jauh dari rata-rata. Variabel *interest* rasio tarif dan biaya memiliki nilai rata-rata sebesar 85,50 dengan standar deviasi 21,72 serta nilai minimum sebesar 2,67 dan nilai maksimum sebesar 165,15. Hal ini menunjukkan distribusi yang sempit dan sebagian besar perusahaan memiliki rasio tarif dan biaya terkonsentrasi dekat nilai rata-rata.

Variabel kontrol sebagian besar memiliki standar deviasi yang kecil, yaitu memiliki nilai di bawah nilai rata-rata. Variabel yang memiliki standar deviasi kecil adalah kapasitas produksi, jumlah konsumsi air per pelanggan, biaya pemeliharaan, dan rasio pegawai per 1.000 pelanggan. Hal ini menunjukkan variasi nilai variabel-variabel tersebut tidak terlalu besar di antara perusahaan. Variabel jumlah pelanggan dan biaya depresiasi per pelanggan memiliki standar deviasi yang besar. Hal ini menunjukkan adanya variasi yang besar di antara perusahaan. Variasi jumlah pelanggan yang besar mengindikasikan perbedaan cakupan layanan perusahaan air, ada yang menjangkau banyak pelanggan dan ada juga yang hanya menjangkau sedikit pelanggan. Variasi biaya depresiasi per pelanggan mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan terkait nilai rehabilitasi dan peremajaan jaringan infrastruktur air di antara perusahaan air.

Hasil estimasi *two-way fixed effect* pada tabel 3 menunjukkan bahwa rasio tarif dan biaya per m³ air mempengaruhi tingkat kehilangan air. Sebelum ditambahkan variabel kontrol, pengaruh rasio tarif air dan biaya produksi air hanya menunjukkan tingkat signifikansi sebesar 10 persen. Penambahan bertahap variabel kontrol secara umum meningkatkan tingkat signifikansi. Penambahan enam variabel kontrol meningkatkan tingkat signifikansi menjadi sebesar 1 persen. Variabel waktu tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kehilangan air.

Tabel 3.
Hasil estimasi *two-way fixed effect* (TWFE)

| | TWFE 1 | TWFE 2 | TWFE 3 | TWFE 4 | TWFE 5 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Rasio tarif dan biaya (dalam persen) | -0,06* | -0,09*** | -0,07** | -0,07** | -0,09*** |
| | (-1,79) | (-2,82) | (-2,41) | (-2,42) | (-2,83) |
| Tahun=2020 | 0,30 | -0,08 | -0,45 | -0,27 | -0,10 |
| | (0,79) | (-0,23) | (-1,23) | (-0,73) | (-0,28) |
| Tahun=2021 | 0,69 | 0,12 | -0,62 | -0,28 | -0,07 |
| | (1,32) | (0,24) | (-1,22) | (-0,52) | (-0,14) |
| Tahun=2022 | 0,90 | 0,17 | -0,98 | -0,49 | -0,27 |

| | TWFE 1 | TWFE 2 | TWFE 3 | TWFE 4 | TWFE 5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | (1,54) | (0,28) | (-1,62) | (-0,73) | (-0,42) |
| Tahun=2023 | 0,34 | -0,53 | -1,75*** | -1,09 | -0,55 |
| | (0,52) | (-0,79) | (-2,60) | (-1,42) | (-0,70) |
| Kapasitas produksi (natural log per juta m3) | | 8,80*** | 9,35*** | 9,73*** | 9,95*** |
| | | (4,55) | (5,00) | (5,29) | (5,09) |
| Konsumsi air per pelanggan (dalam m3) | | | -0,08*** | -0,09*** | -0,10*** |
| | | | (-5,41) | (-5,88) | (-6,21) |
| Jumlah pelanggan (dalam ribuan) | | | | -0,13*** | -0,13*** |
| | | | | (-2,64) | (-2,60) |
| Biaya depresiasi per pelanggan (dalam ribuan) | | | | | -0,00** |
| | | | | | (-2,21) |
| Biaya pemeliharaan per pelanggan (dalam ribuan) | | | | | -0,01** |
| | | | | | (-1,97) |
| Jumlah pegawai per 1000 Pelanggan | | | | | 0,62** |
| | | | | | (2,20) |
| Constant | 38,25*** | 23,50*** | 36,05*** | 41,80*** | 41,98*** |
| | (14,06) | (4,54) | (6,27) | (6,57) | (6,09) |
| Observations | 1.947 | 1.946 | 1.946 | 1.946 | 1.946 |
| R-squared | 0,01 | 0,10 | 0,14 | 0,15 | 0,16 |

*t statistics in parentheses; * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$*

Sumber: Data penelitian, 2025

Variabel kontrol menunjukkan hasil yang signifikan, dengan arah sesuai perkiraan. Kenaikan konsumsi air per sambungan pelanggan serta kenaikan jumlah pelanggan akan menurunkan tingkat kehilangan air. Peningkatan kapasitas produksi akan meningkatkan tingkat kehilangan air. Peningkatan biaya pemeliharaan akan menurunkan tingkat kehilangan air. Peningkatan biaya depresiasi akan menurunkan tingkat kehilangan air. Peningkatan rasio pegawai per pelanggan akan meningkatkan tingkat kehilangan air.

Pengujian asumsi model dilakukan melalui dua pengujian. Pengujian pertama adalah menguji keberadaan efek dari panel data dengan menggunakan uji Breusch-Pagan Lagrange Multiplier. Pengujian ini menguji hipotesis nol bahwa varians *individual-specific random effects* adalah nol. Jika pengujian menolak hipotesis nol, maka pengujian ini menunjukkan bahwa terdapat efek dari panel data. Hasil pengujian menghasilkan *p-value* 0 yang menunjukkan bahwa terdapat efek dari panel data. Pengujian kedua adalah uji Hausman untuk menguji model mana antara *random effects* dan *fixed effects* yang lebih tepat untuk digunakan. Pengujian ini memeriksa konsistensi antara dua jenis model, khususnya apakah heterogenitas yang tidak teramati berkorelasi dengan variabel penjelas dalam model. Jika nilai-*p* dari pengujian signifikan ($<0,05$), model *fixed effects* lebih tepat untuk digunakan. Sebaliknya, jika nilai-*p* tidak signifikan, model *random effects* dianggap lebih tepat. Hasil pengujian menghasilkan *p-value* 0 yang menunjukkan bahwa model *fixed effects* lebih tepat untuk digunakan daripada model *random effects*.

Merujuk pada tabel 2, sebagian besar variabel penelitian memiliki standar deviasi yang kecil tetapi seluruhnya memiliki nilai minimum dan maksimum yang terpaut jauh. Sebagai contoh, variabel tingkat kehilangan air memiliki nilai minimum sebesar 1,31 yang berarti terdapat perusahaan yang hampir tidak memiliki kehilangan air, dan nilai maksimum sebesar 97,55 yang berarti hampir seluruh air yang diproduksi hilang dan tidak memberikan pendapatan bagi perusahaan. Nilai minimum dan maksimum yang terpaut jauh mengindikasikan adanya *outlier* pada data. Adanya *outlier* dapat mempengaruhi simpulan dari model empiris yang digunakan. Oleh karena itu, penulis melakukan pengujian tambahan dengan mengeluarkan nilai-nilai ekstrem pada data untuk menghindari potensi pengaruh dari *outlier*.

Setelah melakukan analisis terhadap histogram dan nilai dari tiap-tiap variabel, penulis memutuskan untuk memakai kriteria berikut dalam menentukan nilai ekstrem. Berlokasi di Jakarta,

tingkat kehilangan air <5 persen atau >90 persen, rasio tarif dan biaya < 20 persen, nilai natural log kapasitas produksi <-1 atau >6, nilai konsumsi air per pelanggan >1.500m³, biaya depresiasi per pelanggan (dalam ribuan) 0 atau >5.000, biaya pemeliharaan per pelanggan (dalam ribuan) 0 atau >400, serta rasio pegawai per 1.000 pelanggan >40. Setelah digabungkan, terdapat 67 observasi dari 1.950 observasi (3,44 persen) yang termasuk dalam nilai ekstrem. Hasil estimasi tanpa nilai ekstrem dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4.
Hasil estimasi TWFE tanpa nilai ekstrem

| | TWFE 5 | TWFE tanpa nilai ekstrem |
|---|---------------------|---------------------------------|
| Rasio tarif dan biaya (dalam persen) | -0,09*** (-2,83) | -0,11*** (-3,04) |
| Kapasitas produksi (natural log per juta m ³) | 9,95*** (5,09) | 9,45*** (5,54) |
| Konsumsi air per pelanggan (dalam m ³) | -0,10*** (-6,21) | -0,10*** (-5,74) |
| Jumlah pelanggan (dalam ribuan) | -0,13*** (-2,60) | -0,14*** (-2,61) |
| Biaya depresiasi per pelanggan (dalam ribuan) | -0,00** (-2,21) | -0,00 (-1,47) |
| Biaya pemeliharaan per pelanggan (dalam ribuan) | -0,01** (-1,97) | -0,01* (-1,65) |
| Jumlah pegawai per 1000 pelanggan | 0,62** (2,20) | 0,69** (1,97) |
| <i>Constant</i> | 41,98*** (6,09) | 43,54*** (6,83) |
| <i>Observations</i> | 1946 | 1883 |
| <i>R-squared</i> | 0,16 | 0,15 |

*t statistics in parentheses; * p < 0,10, ** p < 0,05, *** p < 0,01*

Sumber: Data penelitian, 2025

Hasil estimasi tanpa nilai ekstrem menunjukkan bahwa rasio tarif dan biaya tetap memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kehilangan air. Pengaruh rasio tarif dan biaya terhadap tingkat kehilangan air tidak disebabkan oleh adanya *outlier* pada data. Perbandingan dengan hasil estimasi standar menunjukkan peningkatan nilai koefisien serta nilai *t* statistik. Dari pengujian estimasi tanpa nilai ekstrem dapat diambil simpulan bahwa rasio tarif dan biaya secara konsisten memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kehilangan air.

Pengujian tambahan berikutnya adalah membandingkan perusahaan air yang beroperasi di Jawa dan luar Jawa. Perbedaan karakteristik perusahaan Jawa dan luar Jawa dapat dilihat antara lain dari perbedaan rata-rata setiap variabel seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5.
Nilai rata-rata variabel pada perusahaan di Jawa dan luar Jawa

| | Indonesia | Jawa | Luar Jawa |
|---|------------------|-------------|------------------|
| Tingkat kehilangan air (dalam persen) | 33,67 | 29,50 | 35,28 |
| Rasio tarif dan biaya (dalam persen) | 85,50 | 101,68 | 79,24 |
| Kapasitas produksi (natural log per juta m ³) | 2,01 | 2,77 | 1,72 |
| Konsumsi air per pelanggan (dalam m ³) | 182,37 | 193,16 | 178,21 |
| Jumlah pelanggan (dalam ribuan) | 37,61 | 72,10 | 24,30 |
| Biaya depresiasi per pelanggan (dalam ribuan) | 228,49 | 159,30 | 255,20 |
| Biaya pemeliharaan per pelanggan (dalam ribuan) | 67,41 | 62,80 | 69,19 |

| | Indonesia | Jawa | Luar Jawa |
|------------------------------------|-----------|------|-----------|
| Jumlah pegawai per 1.000 pelanggan | 6,10 | 4,16 | 6,84 |

Sumber: Data penelitian, 2025

Perbandingan beberapa variabel memperlihatkan perusahaan air di pulau Jawa secara rata-rata memiliki kinerja yang lebih baik daripada perusahaan di luar Jawa. Nilai tingkat kehilangan air lebih rendah sedangkan rasio tarif dan biaya lebih tinggi. Hal ini kemungkinan didukung oleh jumlah pelanggan dan konsumsi air yang lebih tinggi, biaya yang lebih rendah, serta operasi perusahaan yang lebih efisien.

Tabel 6.
Hasil estimasi TWFE Jawa dan luar Jawa

| | TWFE 5 | Jawa | Luar Jawa |
|--|---------------------|--------------------|---------------------|
| Rasio tarif dan biaya (dalam persen) | -0,09*** (-2,83) | -0,08** (-2,27) | -0,09*** (-2,65) |
| Kapasitas produksi (natural log per juta m3) | 9,95*** (5,09) | 9,94*** (3,45) | 10,38*** (5,17) |
| Konsumsi air per pelanggan (dalam m3) | -0,10*** (-6,21) | -0,02 (-1,10) | -0,11*** (-6,51) |
| Jumlah pelanggan (dalam ribuan) | -0,13*** (-2,60) | -0,00 (-0,08) | -0,39*** (-3,04) |
| Biaya depresiasi per pelanggan (dalam ribuan) | -0,00** (-2,21) | -0,01** (-2,21) | -0,00** (-2,22) |
| Biaya pemeliharaan per pelanggan (dalam ribuan) | -0,01** (-1,97) | 0,00 (0,95) | -0,02** (-2,32) |
| Jumlah pegawai per 1000 Pelanggan | 0,62** (2,20) | -0,69 (-1,10) | 0,67** (2,29) |
| <i>Constant</i> | 41,98*** (6,09) | 17,78** (2,12) | 51,50*** (7,68) |
| <i>Observations</i> | 1.946 | 543 | 1.403 |
| <i>R-squared</i> | 0,16 | 0,20 | 0,18 |

t statistics in parentheses; * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$

Sumber: Data penelitian, 2025

Perbandingan hasil estimasi antara perusahaan air yang beroperasi di Jawa dan luar Jawa pada tabel 6 menunjukkan bahwa rasio tarif dan biaya tetap berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat kehilangan air. Perbedaan perusahaan yang beroperasi di Jawa dan luar Jawa terdapat pada signifikansi variabel kontrol. Beberapa variabel kontrol pada kelompok perusahaan yang beroperasi di Jawa menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Namun hal ini tidak mengubah simpulan bahwa rasio tarif dan biaya berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat kehilangan air.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil dari penelitian Berg (2015) dan Güngör-Demirci dkk. (2018). Hasil kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi pendapatan operasi dibandingkan biaya operasi, semakin rendah tingkat kehilangan air yang terjadi. Hasil tersebut diperkirakan terjadi karena semakin tinggi pendapatan operasi dibandingkan biaya operasi akan meningkatkan ketersediaan dana bagi perusahaan. Hal ini sejalan dengan kenaikan rasio tarif dan biaya, di mana kenaikan rasio akan meningkatkan ketersediaan dana bagi perusahaan. Meningkatnya dana yang tersedia akan meningkatkan kemampuan perusahaan untuk menurunkan tingkat kehilangan air.

Menaikkan rasio tarif air dan biaya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menaikkan tarif dan/atau menurunkan biaya. Kedua cara ini dapat dilakukan karena rasio yang rendah dapat disebabkan oleh tarif yang rendah dan/atau biaya yang tinggi. Tarif yang rendah dapat terjadi ketika tarif air yang

berlaku memang jauh lebih rendah dari biaya wajar untuk memproduksi air. Pada kondisi tarif yang terlalu rendah, sudah selayaknya kebijakan yang diambil adalah menaikkan tarif. Peningkatan tarif akan meningkatkan rasio tarif dan biaya yang kemudian akan menurunkan tingkat kehilangan air.

Di sisi lain, biaya yang tinggi dapat terjadi ketika perusahaan tidak beroperasi secara efisien sehingga terlalu banyak biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi air. Terdapat banyak biaya yang sebenarnya dapat dikurangi untuk memproduksi air dalam jumlah yang sama. Pada kondisi biaya yang terlalu tinggi, tidak tepat apabila kebijakan yang diambil adalah menaikkan tarif. Tidak selayaknya inefisiensi perusahaan yang mengakibatkan biaya tinggi dibebankan melalui tarif yang tinggi kepada konsumen. Pada kondisi biaya yang tinggi, kebijakan yang lebih tepat untuk diambil adalah meningkatkan efisiensi perusahaan. Mocholi-Arce dkk. (2021) menyatakan bahwa evaluasi efisiensi, produktivitas, dan kualitas layanan perusahaan air kepada konsumen merupakan bagian dari proses penetapan tarif.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa rasio tarif dan biaya produksi rata-rata per m³ air berpengaruh terhadap tingkat kehilangan air pada perusahaan air di Indonesia. Peningkatan rasio tarif dan biaya berpengaruh terhadap penurunan tingkat kehilangan air. Penggunaan data populasi dan pengujian tambahan dengan mengecualikan nilai variabel yang ekstrem menunjukkan bahwa rasio tarif dan biaya secara konsisten berpengaruh terhadap tingkat kehilangan air. Peningkatan rasio tarif dan biaya akan meningkatkan kemampuan finansial perusahaan air. Peningkatan kemampuan finansial memungkinkan perusahaan air untuk melaksanakan upaya penurunan tingkat kehilangan air dengan lebih optimal. Pemerintah sebagai regulator dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk membuat kebijakan penurunan tingkat kehilangan air yang tepat dan adil bagi perusahaan air dan masyarakat.

Penelitian ini belum mencakup pengaruh tarif air terhadap tingkat pencurian air atau pemakaian air secara ilegal. Kenaikan tarif air sering kali mendapatkan penolakan dari masyarakat sebagaimana diungkapkan oleh Jiang dkk. (2022) dan diperkirakan akan mendorong peningkatan pencurian air. Sepanjang pengetahuan penulis, pengaruh tarif air terhadap tingkat pencurian air belum banyak dibahas dalam literatur. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk menganalisis pengaruh tarif air terhadap tingkat pencurian air. Apabila pengaruh tarif air terhadap tingkat pencurian air atau proporsi kehilangan fisik dan komersial diketahui, pengambilan keputusan untuk menaikkan tarif akan mempunyai data pendukung yang lebih andal.

REFERENSI

- Ahopelto, S., & Vahala, R. (2020). Cost-benefit analysis of leakage reduction methods in water supply networks. *Water (Switzerland)*, 12(1), 195. <https://doi.org/10.3390/w12010195>
- Ananda, J. (2019). Determinants of real water losses in the Australian drinking water sector. *Urban Water Journal*, 16(8), 575–583. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1700288>
- Arifin, A., Amang, B., & Ramlawati, R. (2022). Perbandingan penetapan tarif pembayaran air minum pada perusahaan daerah air minum (PDAM) Kota Baubau. *Ecotechnopreneur: Journal Economics, Technology and Entrepreneur*, 1(04), 343–355. <https://doi.org/10.62668/ecotechnopreneur.v1i04.459>
- Farouk, A. M., Rahman, R. A., & Romali, N. S. (2023). Non-revenue water reduction strategies: A systematic review. Dalam *Smart and Sustainable Built Environment* (Vol. 12, Nomor 1, hlm. 181–199). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/SASBE-04-2021-0071>
- Güngör-Demirci, G., Lee, J., Keck, J., Guzzetta, R., & Yang, P. (2018). Determinants of non-revenue water for a water utility in California. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 67(3), 270–278. <https://doi.org/10.2166/aqua.2018.152>

- Heryanto, T., Sharma, S. K., Daniel, D., & Kennedy, M. (2021). Estimating the economic level of water losses (ELWL) in the water distribution system of the city of Malang, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 6604. <https://doi.org/10.3390/su13126604>
- Jiang, Y., Calub, R. A. T., & Zheng, X. (2022). Water tariff setting and its welfare implications: Evidence from Chinese cities. *Water Resources and Economics*, 38, 100199. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2022.100199>
- Jones, L. J. N., Kong, D., Tan, B. T., & Rassiah, P. (2021). Non-revenue water in Malaysia: Influence of water distribution pipe types. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 2310. <https://doi.org/10.3390/su13042310>
- Khairunisa Suharno, N., Yuniarto, A., & Pandin, G. N. R. (2024). Pengendalian kehilangan air DMA 04 pusat Perumda air minum Kota Padang. *Jurnal Darma Agung*, 32(1), 255–266. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v32i1.4018>
- Klarasanti, A., & Bendesa, I. K. G. (2024). Determinan tingkat kemiskinan di Indonesia. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 13(8), 1666–1680. <https://doi.org/10.24843/EEB.2024.v13.i08.p12>
- Lencha, S. M., & Babore, T. A. (2025). Modelling of the water distribution system and determination of losses: the case of Halaba Kulito town, Central Ethiopia. *Discover Sustainability*, 6, 92. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00889-4>
- Liemberger, R., & Wyatt, A. (2019). Quantifying the global non-revenue water problem. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(3), 831–837. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.129>
- Meireles, I., Sousa, V., Matos, J. P., & Cruz, C. O. (2023). Determinants of water loss in Portuguese utilities. *Utilities Policy*, 83, 101603. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101603>
- Mocholi-Arce, M., Sala-Garrido, R., Molinos-Senante, M., & Maziotis, A. (2021). Performance assessment of water companies: A metafrontier approach accounting for quality of service and group heterogeneities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 74, 100948. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100948>
- Molinos-Senante, M., Villegas, A., & Maziotis, A. (2019). Are water tariffs sufficient incentives to reduce water leakages? An empirical approach for Chile. *Utilities Policy*, 61, 100971. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100971>
- Molinos-Senante, M., Villegas, A., & Maziotis, A. (2021). Measuring the marginal costs of reducing water leakage: The case of water and sewerage utilities in Chile. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 32733–32743. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13048-9>
- Murrar, A. (2017). The determinants of non-revenue water in Balkan countries. *American Journal of Water Science and Engineering*, 3(2), 18–27. <https://doi.org/10.11648/j.ajwse.20170302.11>
- Shushu, U. P., Komakech, H. C., Dodoo-Arhin, D., Ferras, D., & Kansal, M. L. (2021). Managing non-revenue water in Mwanza, Tanzania: A fast-growing sub-Saharan African city. *Scientific African*, 12, e00830. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00830>
- Sousa, C. O. M. de, de Freitas Souza, R., & Fouto, N. M. M. D. (2025). Key drivers of non-revenue water in developing countries: Insights from a multilevel study in Brazil. *Cleaner Water*, 3, 100078. <https://doi.org/10.1016/j.clwat.2025.100078>
- van den Berg, C. (2015). Drivers of non-revenue water: A cross-national analysis. *Utilities Policy*, 36, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2015.07.005>
- Wayan Linggawati, N., & Wayan Wenagama, I. (2022). Pengaruh pendidikan, pertumbuhan ekonomi, dan tingkat upah terhadap jumlah pengangguran dan kemiskinan di Kabupaten Karangasem. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 11(4), 400–411. <https://doi.org/10.24843/EEB.2022.v11.i04.p02>
- Wooldridge, J. M. (2021). *Two-Way Fixed Effects, the Two-Way Mundlak Regression, and Difference-in-Differences Estimators*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3906345>
- Yohanes Thesia, D., & Karmini, N. L. (2022). Pengaruh pendapatan per kapita, pertumbuhan UMKM dan tingkat pengangguran terhadap tingkat kemiskinan di Provinsi Bali. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 11(03), 271–280. <http://dx.doi.org/10.24843/EEB.2022.v11.i03.p03>