



Valuasi Ekonomi dan Efisiensi Pemanfaatan Sumber Daya Air Multi-Sektor di Mata Air Baumata

(Economic Valuation and Efficiency of Multi-Sector Water Use at Baumata Spring)

Laurentius D.Wisnu Wardhana^{1*}, Elisabeth Afjun Teme¹, Aah Ahmad Almulqu¹, Flora Evalina Ina Kleruk², Meilyn R. Pathibang¹, & Dwi Wahyuni²

¹Program Studi Pengelolaan Hutan, Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes, Lasiana, Kec. Kelapa Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, 85228, Indonesia

²Program Studi Manajemen Sumber Daya Hutan, Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes, Lasiana, Kec. Kelapa Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, 85228, Indonesia

Informasi Artikel:

Submission : 09 April 2026
Revised : 03 Mei 2026
Accepted : 18 Mei 2026
Published : 02 Juni 2026

*Penulis Korespondensi:

Laurentius D.Wisnu Wardhana
Program Studi Pengelolaan Hutan,
Jurusan Kehutanan, Politeknik
Pertanian Negeri Kupang, Jl. Prof. Dr.
Herman Yohanes, Lasiana, Kec. Kelapa
Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara
Timur, 85228, Indonesia
e-mail: wisnu211280@gmail.com
Telp: +62 895-4032-76262

Makila 20 (1) 2026: 53-68

DOI:

<https://doi.org/10.30598/makila.v20i1.25350>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Copyright ©2026 Author(s): Laurentius D.Wisnu Wardhana, Elisabeth Afjun Teme, Aah Ahmad Almulqu, Flora Evalina Ina Kleruk, Meilyn R. Pathibang, & Dwi Wahyuni
Journal homepage:
<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila>
Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article · [Open Access](#)

ABSTRACT

Water resources play a crucial role in supporting socio-economic activities, particularly in semi-arid regions characterized by limited and uneven water availability. Increasing pressure on water resources requires a comprehensive understanding of utilization patterns and economic value across sectors. This study aims to analyze water use, estimate its economic value, and evaluate the efficiency of water utilization across multiple sectors at Baumata Spring, East Nusa Tenggara. A quantitative approach was applied using a hybrid economic valuation method combining the Market Price Method (MPM), cost-based approach, and production-based approach. The results show that total water utilization reached 4,554,058 m³/year, dominated by the agricultural sector (90.40%). The total economic value amounted to IDR 2.46 billion per year, with the largest contributions coming from domestic and bottled water industry sectors, while agriculture contributed relatively little despite consuming most of the water. Efficiency analysis reveals significant disparities among sectors, ranging from IDR 5.01/m³ to IDR 1,214,486/m³. These findings indicate that the economic value of water is not solely determined by the volume of use, but by each sector's capacity to generate added value. Therefore, water resource management should be oriented toward optimizing allocation based on efficiency and economic value while considering social equity and food security.

KEYWORDS: *economic valuation, multi-sector, semi-arid, spring water, water efficiency*

INTISARI

Sumber daya air memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas sosial dan ekonomi, terutama di wilayah semi-arid yang ditandai oleh keterbatasan dan ketidakmerataan ketersediaan air. Peningkatan tekanan terhadap sumber daya air menuntut pemahaman yang komprehensif mengenai pola pemanfaatan serta nilai ekonomi air lintas sektor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan, mengestimasi nilai

ekonomi, dan mengevaluasi efisiensi penggunaan air pada berbagai sektor di Mata Air Baumata, Nusa Tenggara Timur. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode valuasi ekonomi berbasis multi-metode (hybrid approach), yang mengombinasikan *Market Price Method* (MPM), pendekatan biaya, dan pendekatan nilai produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total pemanfaatan air mencapai 4.554.058 m³/tahun, didominasi oleh sektor pertanian (90,40%). Nilai ekonomi total sebesar Rp2,46 miliar per tahun, dengan kontribusi terbesar berasal dari sektor domestik dan industri air mineral, sementara sektor pertanian memberikan kontribusi yang relatif kecil meskipun menggunakan sebagian besar volume air. Analisis efisiensi menunjukkan kesenjangan yang signifikan antar sektor, dengan nilai ekonomi berkisar antara Rp5,01/m³ hingga Rp1.214.486/m³. Temuan ini menunjukkan bahwa nilai ekonomi air tidak semata ditentukan oleh volume penggunaan, tetapi oleh kemampuan sektor dalam menghasilkan nilai tambah. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air perlu diarahkan pada optimalisasi alokasi berbasis efisiensi dan nilai ekonomi dengan tetap mempertimbangkan aspek keadilan sosial dan ketahanan pangan.

KATA KUNCI : efisiensi air, mata air, multi-sektor, semi-arid, valuasi ekonomi

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang bersifat vital, tak tergantikan, dan memiliki fungsi ekologis, sosial, serta ekonomi secara bersamaan. Pada skala global, tekanan terhadap ketersediaan air bersih terus meningkat seiring pertumbuhan populasi, ekspansi sektor pertanian, dan percepatan industrialisasi. UN-Water/UNESCO (2021) menegaskan bahwa ketidakmampuan mengenali nilai sesungguhnya air merupakan penyebab utama pemborosan dan kesalahan pengelolaan sumber daya air di seluruh dunia. Lebih lanjut, laporan UNESCO World Water Assessment Programme (2024) menyatakan bahwa tekanan terhadap sumber daya air global semakin kritis, dengan lebih dari empat miliar orang mengalami kelangkaan air setidaknya satu bulan per tahun, dan kondisi ini diproyeksikan memburuk akibat perubahan iklim. Valuasi ekonomi air lintas sektor merupakan instrumen kunci untuk mendorong efisiensi alokasi dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air, terutama di wilayah-wilayah yang menghadapi tekanan permintaan tinggi dengan pasokan terbatas (Wan Rosely & Voulvoulis, 2024).

Di Indonesia, distribusi dan aksesibilitas sumber air bersih masih sangat timpang, khususnya di wilayah Indonesia bagian timur. Kajian jejak air sektoral di Indonesia menggunakan pendekatan input-output menunjukkan bahwa sektor pertanian mendominasi penggunaan air secara nasional namun dengan produktivitas ekonomi yang rendah dibandingkan sektor industri dan jasa, sehingga diperlukan reformasi kebijakan alokasi air berbasis nilai ekonomi (Malahayati, 2024). Provinsi Nusa

Tenggara Timur (NTT) menghadapi kondisi semi-arid dengan musim kemarau berlangsung 7-8 bulan per tahun, yang menjadikan mata air alami yang bersumber dari kawasan hutan konservasi sebagai tumpuan utama penyediaan air bagi masyarakat dan berbagai sektor ekonomi (Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur, 2024). Ketergantungan yang tinggi terhadap sumber air tunggal di kawasan dengan tekanan demografis dan ekonomi yang terus meningkat memunculkan persoalan serius yaitu konflik pemanfaatan antar sektor. Alokasi air antar sektor di Indonesia masih cenderung tidak berbasis valuasi ekonomi yang memadai, yang berimplikasi pada berulangnya konflik penggunaan air antar pemangku kepentingan (Umami *et al.*, 2022).

Taman Wisata Alam (TWA) Baumata di Kabupaten Kupang, NTT, merepresentasikan kondisi tersebut secara konkret. Kawasan konservasi ini menjadi penyedia air bagi setidaknya enam kelompok pengguna secara simultan yaitu masyarakat domestik Desa Baumata, jaringan irigasi pertanian, PDAM Kabupaten Kupang, industri air mineral PT. Aguamor Timorindo, wisata kolam renang, dan TNI AURI. Tekanan terhadap kawasan ini semakin berat setelah terjadi penyusutan luas dari 87 ha menjadi 36,21 ha sejak tahun 2014 (Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Nusa Tenggara Timur, 2018), yang secara langsung menurunkan kapasitas tangkapan dan penyimpanan air. Sementara jumlah pengguna dan volume pemanfaatan terus meningkat, ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan air berpotensi memicu konflik alokasi antar sektor dalam jangka menengah. Kondisi ini membutuhkan kajian ilmiah yang mampu memberikan gambaran komprehensif tentang pola penggunaan dan nilai ekonomi air pada setiap sektor pengguna.

Valuasi ekonomi sumber daya air adalah instrumen analitis yang digunakan untuk mengkuantifikasi manfaat ekonomi penggunaan air sebagai dasar penetapan kebijakan alokasi, tarif, dan insentif konservasi. Kegagalan dalam penetapan harga air yang mencerminkan nilai ekonomi sesungguhnya merupakan salah satu penyebab utama inefisiensi penggunaan air di sektor pertanian secara global (Grafton *et al.*, 2018). Kesiediaan petani dalam membayar air irigasi umumnya masih jauh di bawah manfaat ekonomi yang diperoleh, yang mengindikasikan adanya kesenjangan signifikan antara harga yang dibayarkan dan nilai ekonomi aktual air (Bashe *et al.*, 2022). Pada skala global, produktivitas ekonomi air di negara berkembang juga relatif lebih rendah dibandingkan negara maju, yang terutama dipengaruhi oleh dominasi sektor pertanian dengan karakteristik penggunaan air yang intensif namun menghasilkan nilai tambah yang terbatas (Barbier & Burgess, 2024). Dalam konteks Indonesia, valuasi ekonomi air pada berbagai sektor pengguna menjadi faktor kunci dalam menentukan prioritas alokasi serta perumusan kebijakan tarif air yang berkelanjutan (Narendra *et al.*, 2021).

Meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji valuasi ekonomi air pada tingkat nasional, DAS, atau satu sektor tunggal, terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan yang belum ada penelitian yang secara simultan menganalisis pola pemanfaatan, nilai ekonomi total, dan efisiensi ekonomi air dari enam sektor pengguna yang berbeda pada satu mata air tunggal di kawasan konservasi semi-arid Indonesia Timur. Penelitian valuasi sumber daya air pada level mata air di

Indonesia masih cenderung bersifat parsial dan belum terintegrasi antar sektor. Kajian pada Mata Air Puta di Sulawesi Tenggara, misalnya, hanya mencakup sektor domestik rumah tangga tanpa mengintegrasikan analisis efisiensi lintas sektor (Saputra *et al.*, 2026). Sementara itu, studi berskala nasional belum mampu menangkap dinamika alokasi air pada tingkat sumber air tunggal yang memiliki karakteristik spasial dan tekanan pemanfaatan yang spesifik (Malahayati, 2024). Dengan demikian, pendekatan valuasi ekonomi dan efisiensi pemanfaatan air berbasis multi-sektor yang terintegrasi dalam satu sumber mata air pada kawasan konservasi yang mengalami tekanan ekologis, seperti di TWA Baumata, masih belum dikaji di Indonesia.

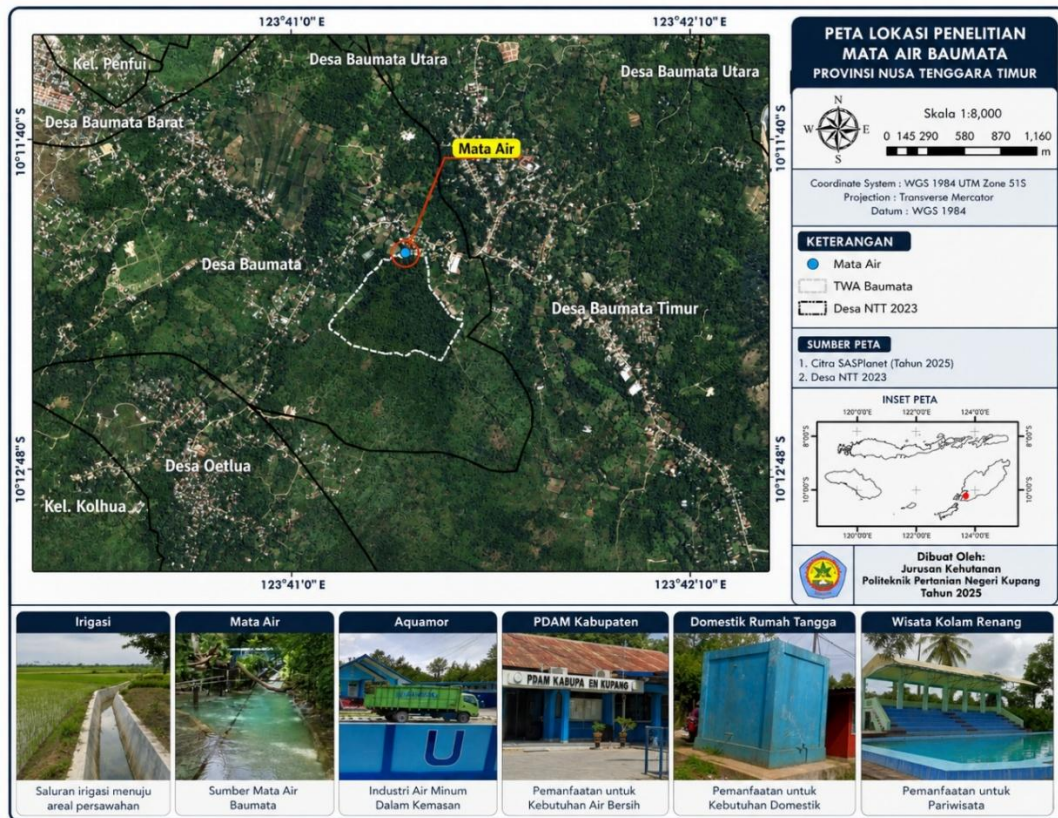
Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah baru (*novelty*) dalam dua hal. Pertama, penelitian ini merupakan studi pertama yang mengintegrasikan valuasi ekonomi multi-sektor (enam sektor pengguna) dan analisis efisiensi ekonomi berbasis volume pada satu mata air tunggal di kawasan konservasi semi-arid Indonesia bagian timur. Kedua, pendekatan hybrid economic valuation yang dikembangkan – mengombinasikan *Market Price Method* (MPM), pendekatan biaya, dan pendekatan nilai produksi – dipilih secara sektoral sesuai ketersediaan data lapangan, sehingga menghasilkan estimasi nilai ekonomi yang lebih akurat dan dapat direplikasi pada konteks mata air serupa di Indonesia Timur. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya mengisi gap empiris, tetapi juga menawarkan kerangka metodologis yang dapat diadopsi dalam penyusunan kebijakan tarif air dan alokasi sumber daya air berbasis nilai ekonomi.

Tujuan penelitian ini adalah (1) menganalisis pola pemanfaatan sumber daya air di Mata Air Baumata pada enam sektor pengguna; (2) menghitung nilai ekonomi total pemanfaatan air dengan pendekatan hybrid economic valuation; dan (3) menganalisis efisiensi ekonomi pemanfaatan air per sektor sebagai dasar rekomendasi kebijakan alokasi air yang berkelanjutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan kajian valuasi ekonomi sumber daya alam serta menjadi landasan empiris dalam perumusan kebijakan pengelolaan sumber daya air yang terintegrasi di kawasan konservasi semi-arid.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Mata Air Baumata yang terletak di Desa Baumata, Kecamatan Taebenu, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (**Gambar 1**). Lokasi ini dipilih karena merupakan salah satu sumber air utama yang dimanfaatkan oleh berbagai sektor seperti rumah tangga masyarakat sekitar dan lintas kabupaten (masyarakat Kota Kupang), pertanian, pariwisata, industri, dan pelayanan publik. Pengambilan data dilakukan selama periode penelitian pada tahun 2025 yang mencakup kegiatan survei lapangan, pengukuran debit air, dan pengumpulan data sekunder dari instansi terkait.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian: Mata Air Baumata

Teknik Sampling

Data penelitian diperoleh melalui survei lapangan, wawancara terstruktur, dan data sekunder dari instansi terkait. Jumlah responden berjumlah 91 orang yang terdiri dari masyarakat Desa Baumata dari lima dusun, PDAM Kabupaten Kupang, TNI Auri, pengelola wisata kolam renang, dan industri air mineral (PT. Aguamor Timorindo). Pengambilan sampel menggunakan metode *Proportionate Stratified Random Sampling* dimana setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk terpilih sebagai sampel. Pendekatan ini digunakan untuk meminimalkan bias dan meningkatkan representativitas data terhadap populasi pengguna air di kawasan Mata Air Baumata. Distribusi jumlah responden dan metode valuasinya disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Distribusi Responden dan Metode Valuasi per Sektor Pengguna Air Mata Air Baumata

No.	Sektor Pengguna	Populasi	Sampel (n)	Metode Valuasi
1	Rumah Tangga / Domestik	152 KK	85	Market Price Method (MPM)
2	Irigasi	86 ha/172 petani	2	Pendekatan Nilai Produksi/Iuran
3	PDAM Kabupaten Kupang	1 institusi	1	Pendekatan Biaya Produksi
4	Industri Air Mineral (PT. Aguamor)	1 perusahaan	1	Market Price Method (MPM)
5	Wisata (Kolam Renang Pemda)	1 pengelola	1	Pendekatan Biaya Produksi
6	TNI AURI	1 instansi	1	Pendekatan Biaya Produksi
	Total		91	

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025

Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung total pemanfaatan air, nilai ekonomi, serta efisiensi ekonomi berdasarkan rasio nilai ekonomi terhadap volume air. Metode analisis menggunakan pendekatan valuasi ekonomi berbasis multi-metode (*hybrid economic valuation approach*), yang mengkombinasikan beberapa metode sesuai dengan karakteristik masing-masing sektor pemanfaatan air. Pendekatan multi-metode dalam valuasi ekonomi sumber daya air telah digunakan untuk mengakomodasi perbedaan karakteristik sektor dan keterbatasan data (Grafton *et al.*, 2018). Pendekatan ini mengombinasikan *Market Price Method* (MPM), pendekatan biaya (*cost-based approach*), dan pendekatan nilai produksi (*production-based approach*), yang dipilih secara spesifik sesuai karakteristik pemanfaatan air pada masing-masing sektor.

Pendekatan Harga Pasar (Market Price Method – MPM)

Pendekatan MPM digunakan pada sektor domestik dan distribusi air karena harga air yang relatif terbentuk melalui mekanisme pasar atau tarif resmi. Pendekatan ini digunakan pada sektor yang memiliki harga air yang jelas dan terdefinisi, seperti sektor domestik (rumah tangga), PDAM, dan TNI AURI.

$$NE_i = Q_i \times P_i \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- NE_i = Nilai ekonomi sektor ke-i (Rp/tahun)
- Q_i = Volume penggunaan air sektor ke-i (m³/tahun)
- P_i = Harga air per m³ (Rp/m³)

a) Pendekatan Biaya (Cost-Based Approach)

Pendekatan biaya diterapkan pada sektor pertanian dengan asumsi bahwa nilai air tercermin dalam biaya produksi yang dikeluarkan oleh petani. Pendekatan ini digunakan pada sektor yang tidak memiliki harga pasar air secara eksplisit, seperti irigasi pertanian. Nilai ekonomi air didekati melalui biaya atau iuran air yang dibayarkan oleh petani.

$$NE_i = C_i \times N \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- NE_i = Nilai ekonomi sektor ke-i (Rp/tahun)
- C_i = Biaya/iuran per pengguna (Rp/bulan)
- N = Jumlah pengguna (KK/petani)

b) Pendekatan Nilai Produksi (Production/ Value Added Approach)

Pendekatan Nilai Produksi digunakan pada sektor yang menghasilkan nilai tambah ekonomi dari pemanfaatan air. Pendekatan nilai produksi digunakan pada sektor industri air mineral dan sektor pariwisata, dengan asumsi bahwa air merupakan input utama dalam menghasilkan output ekonomi.

$$NE_i = \sum (Q_j \times P_j) \dots\dots\dots (3)$$

Q_j = Jumlah produk ke-j

$$\begin{aligned}
 P_j &= \text{Harga produk ke-}j \\
 NE_i &= P \times V \dots\dots\dots (4) \\
 P &= \text{Harga tiket (Rp/orang)} \\
 V &= \text{Jumlah pengunjung (orang/tahun)}
 \end{aligned}$$

Analisis efisiensi ekonomi pemanfaatan air digunakan untuk mengidentifikasi tingkat produktivitas ekonomi dari setiap satuan volume air yang digunakan pada masing-masing sektor. Pendekatan ini digunakan untuk memahami tidak hanya seberapa besar air digunakan, tetapi juga seberapa optimal air tersebut menghasilkan nilai ekonomi. Analisis ini menjadi penghubung antara pola pemanfaatan berbasis volume dan kontribusi ekonomi berbasis nilai, serta memberikan dasar dalam perumusan kebijakan alokasi air yang lebih efisien dan berkelanjutan.

$$EE_i = \frac{NE_i}{Q_i} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- EEi = Efisiensi ekonomi air sektor ke-i (Rp/m³)
- NEi = Nilai ekonomi sektor ke-i (Rp/tahun)
- Qi = Volume air sektor ke-i (m³/tahun)

Nilai EEi yang tinggi menunjukkan bahwa sektor tersebut mampu menghasilkan nilai ekonomi yang lebih besar per satuan volume air yang digunakan, mengindikasikan tingkat pemanfaatan yang lebih efisien secara ekonomis (UN-Water/UNESCO, 2021).

Validasi hasil dilakukan melalui pendekatan triangulasi, yaitu dengan membandingkan hasil estimasi nilai ekonomi dengan data sekunder seperti tarif air dari instansi terkait serta standar konsumsi air. Selain itu, dilakukan evaluasi logis terhadap kesesuaian antara volume pemanfaatan air dan nilai ekonomi yang dihasilkan pada masing-masing sektor.

Dalam analisis ini digunakan beberapa asumsi, antara lain bahwa harga air pada masing-masing sektor dianggap konstan selama periode analisis, tidak terjadi kehilangan air yang signifikan dalam proses distribusi, serta volume pemanfaatan air yang diukur merepresentasikan kondisi rata-rata tahunan.

Pembatasan penelitian ini adalah pendekatan valuasi yang digunakan hanya mencakup nilai guna langsung (*direct use value*) dan belum memasukkan nilai guna tidak langsung maupun nilai non-guna. Selain itu, keterbatasan data terkait variasi musiman debit air dapat mempengaruhi akurasi estimasi volume tahunan sehingga hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Pemanfaatan Sumber Daya Air

Total pemanfaatan air dari mata air Baumata mencapai 4.554.058 m³/tahun dari enam sektor. Irigasi pertanian mendominasi dengan 4.116.709 m³/tahun (90,40%), disuplai melalui tiga saluran sekunder berdebit total 130,54 liter/detik. Sektor wisata kolam renang menggunakan 238.320 m³/tahun (5,23%), domestik rumah tangga 121.508 m³/tahun (2,67%), PDAM 72.317 m³/tahun (1,59%), TNI Auri 4.776 m³/tahun (0,10%), dan industri air mineral 428 m³/tahun (0,01%). Distribusi lengkap disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Total Pemanfaatan Air dari Mata Air Baumata

No	Pemanfaatan Air	Total (m ³ /tahun)	Persentase (%)
1	Irigasi Pertanian	4.116.709	90,40
2	Wisata Kolam Renang	238.320	5,23
3	Domestik Rumah Tangga	121.508	2,67
4	PDAM Kabupaten Kupang	72.317	1,59
5	TNI Auri	4.776	0,10
6	Industri Air Mineral	428	0,01
Jumlah		4.554.058	100%

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025

Dominasi sektor pertanian yang melampaui 90% merupakan cerminan dari dua faktor yang saling memperkuat. Secara struktural, karakteristik NTT sebagai wilayah semi-arid dengan musim kemarau 7–8 bulan per tahun menjadikan irigasi dari mata air sebagai satu-satunya opsi produksi pangan yang layak – sebuah ketergantungan ekologis yang mengakar. Secara kebijakan, tidak adanya sistem meter air dan mekanisme alokasi berbasis kuota menyebabkan penggunaan air pertanian berlangsung tanpa batas terukur. Pola ini konsisten dengan kondisi pengelolaan air di Indonesia yang umumnya masih berbasis tradisi dan kebiasaan, bukan mekanisme berbasis nilai ekonomi atau kelangkaan sumber daya, sehingga dominasi volume pertanian yang tidak proporsional menjadi fenomena yang berulang di berbagai wilayah (Umami *et al.*, 2022). Kondisi serupa juga ditemukan pada penelitian valuasi mata air di berbagai wilayah Indonesia, di mana sektor pertanian secara konsisten menjadi pengguna terbesar namun dengan kontribusi nilai ekonomi yang jauh lebih rendah dibandingkan volumenya (Saputra *et al.*, 2026).

Di sisi lain, sektor non-pertanian seperti domestik, pariwisata, dan pelayanan publik menunjukkan karakteristik pemanfaatan yang lebih stabil dan berkelanjutan sepanjang tahun, meskipun dalam volume yang lebih kecil. Sektor-sektor ini cenderung memiliki tingkat efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi serta berkaitan langsung dengan kebutuhan dasar masyarakat dan aktivitas ekonomi bernilai tambah. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ketidakseimbangan antara volume pemanfaatan air dan kontribusi fungsionalnya terhadap kesejahteraan masyarakat (Barbier & Burgess, 2024).

Pemanfaatan air yang didominasi oleh sektor pertanian merupakan fenomena umum di berbagai wilayah. Secara global, sektor pertanian menyerap sekitar 70–80% dari total penggunaan air, terutama di negara berkembang (Velasco-Muñoz *et al.*, 2018; Ali, 2026). Namun konsentrasi di Mata Air Baumata yang melampaui 90% mengindikasikan tekanan yang lebih besar dibandingkan sektor pertanian di negara berkembang. Kondisi ini terjadi karena kombinasi dari faktor struktural (ketergantungan ekologi dan pangan) dan faktor kebijakan (absennya tarif air irigasi yang berbasis nilai ekonomi), dua faktor ini sebagai akar dari inefisiensi penggunaan air pertanian secara global (Grafton *et al.*, 2018).

Perbedaan ini dapat disebabkan oleh kondisi geografis dan iklim yang bersifat semi-arid, serta keterbatasan infrastruktur pengelolaan air yang belum sepenuhnya mendukung efisiensi penggunaan air, khususnya pada sektor pertanian (Umami *et al.*, 2022). Selain itu, rendahnya diversifikasi pemanfaatan air juga menunjukkan bahwa potensi pengembangan sektor lain yang lebih efisien secara ekonomi belum dimanfaatkan secara optimal (Malahayati, 2024).

Dengan demikian, pola pemanfaatan air di Mata Air Baumata tidak hanya menggambarkan distribusi penggunaan antar sektor, tetapi juga mencerminkan struktur ekonomi wilayah, tingkat efisiensi pemanfaatan sumber daya, serta potensi tekanan terhadap keberlanjutan air di masa depan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan sumber daya air yang lebih terintegrasi dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan sektor, efisiensi penggunaan, dan nilai strategis air dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

Nilai Ekonomi Pemanfaatan Air

Nilai ekonomi air rumah tangga dihitung berdasarkan 482 KK dengan konsumsi rata-rata 252 m³/KK/tahun dan harga setara PDAM Rp. 9.500/m³, menghasilkan nilai Rp. 1.154.322.265/tahun sebagai nilai tertinggi. PDAM Kabupaten Kupang memberikan nilai ekonomi Rp. 687.009.600/tahun dari volume 72.317 m³ × Rp. 9.500/m³. Industri air mineral menghasilkan Rp. 519.800.000/tahun dari penjualan kemasan 220 ml (Rp. 428.000.000) dan galon 19 liter (Rp. 91.800.000). Nilai ekonomi TNI Auri sebesar Rp. 45.372.000/tahun, wisata kolam renang Rp. 38.000.000/tahun (±2.500 pengunjung/tahun), dan irigasi pertanian Rp. 20.640.000/tahun.

Hasil valuasi ekonomi dengan pendekatan *hybrid economic valuation* menunjukkan bahwa nilai ekonomi total (NET) pemanfaatan air di Mata Air Baumata mencapai Rp 2.465.143.865 per tahun (Tabel 3). Distribusi nilai ekonomi antar sektor mengungkap paradoks yang tajam yaitu sektor domestik rumah tangga menjadi kontributor nilai ekonomi terbesar (46,83%) meskipun hanya menggunakan 2,67% dari total volume air, karena harga acuan MPM sebesar Rp 9.500/m³ mencerminkan kesediaan membayar (*willingness to pay*) masyarakat terhadap air bersih. Industri air mineral berkontribusi 21,09% nilai ekonomi dengan hanya 0,01% volume, mencerminkan kapasitas tinggi sektor ini dalam mengekstraksi nilai tambah dari air baku. Sebaliknya, irigasi pertanian yang mengonsumsi 90,40% volume hanya menghasilkan 0,84% nilai ekonomi — sebuah paradoks volume-nilai yang mengindikasikan kegagalan penetapan harga air (*water pricing failure*) yang bersifat

struktural (Barbier & Burgess, 2024; Malahayati, 2024). Distribusi nilai ekonomi antar sektor disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Ekonomi Total Pemanfaatan Air dari Mata Air Baumata

No	Pemanfaatan Air	Nilai Ekonomi (Rp/tahun)	Persentase (%)	Metode
1	Domestik Rumah Tangga	1.154.322.265	46,83	MPM
2	PDAM Kab. Kupang	687.009.600	27,87	MPM
3	TNI Auri	45.372.000	1,84	MPM
4	Irigasi Pertanian	20.640.000	0,84	Biaya (Iuran)
5	Wisata Kolam Renang	38.000.000	1,54	Nilai Produksi
6	Industri Air Mineral	519.800.000	21,09	Nilai Produksi
	Jumlah	2.465.143.865	100	

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025

Perbedaan metode valuasi antar sektor menghasilkan estimasi yang tidak sepenuhnya setara secara metodologis. Khusus sektor pertanian, pendekatan biaya berbasis iuran Rp 10.000/KK/bulan jauh di bawah nilai ekonomi riil air irigasi. Kajian di Ethiopia menemukan bahwa kesediaan petani membayar air irigasi hanya berkisar 7,5–23,5% dari manfaat bruto yang mereka terima, yang mengindikasikan bahwa nilai ekonomi air pertanian di Mata Air Baumata kemungkinan besar juga sangat *underestimated* oleh pendekatan biaya yang digunakan (Bashe *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, nilai ekonomi total yang dihasilkan penelitian ini perlu dipahami sebagai estimasi konservatif, terutama untuk sektor pertanian.

Hasil penelitian menunjukkan adanya ketimpangan yang signifikan antara pola pemanfaatan air dan nilai ekonomi yang dihasilkan antar sektor. Sektor irigasi pertanian menyerap lebih dari 90% total volume air dari Mata Air Baumata, namun kontribusi nilai ekonominya sangat kecil, yaitu kurang dari 1% terhadap total nilai ekonomi. Sebaliknya, sektor industri air mineral dan domestik mampu menghasilkan nilai ekonomi yang relatif tinggi meskipun dengan penggunaan air yang jauh lebih kecil. Hubungan antara volume pemanfaatan air dan nilai ekonomi tidak bersifat linear. Artinya penggunaan air dalam jumlah besar tidak secara otomatis menghasilkan nilai ekonomi yang tinggi (Barbier & Burgess, 2024). Hal ini terutama terlihat pada sektor pertanian yang cenderung menggunakan air secara ekstensif tetapi menghasilkan nilai tambah ekonomi yang rendah per satuan volume air.

Dalam konteks valuasi ekonomi, kondisi ini dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu rendahnya harga atau biaya air yang dikenakan pada sektor pertanian serta karakteristik produksi pertanian yang memiliki nilai tambah relatif rendah dibandingkan sektor industri dan jasa (Grafton *et al.*, 2018). Penggunaan pendekatan biaya (iuran) pada sektor irigasi juga menunjukkan bahwa harga air yang dibayarkan belum mencerminkan nilai ekonomi sebenarnya dari sumber daya air tersebut. Sebaliknya, sektor industri air mineral menunjukkan tingkat produktivitas ekonomi air yang sangat tinggi. Dengan volume penggunaan air yang sangat kecil, sektor ini mampu

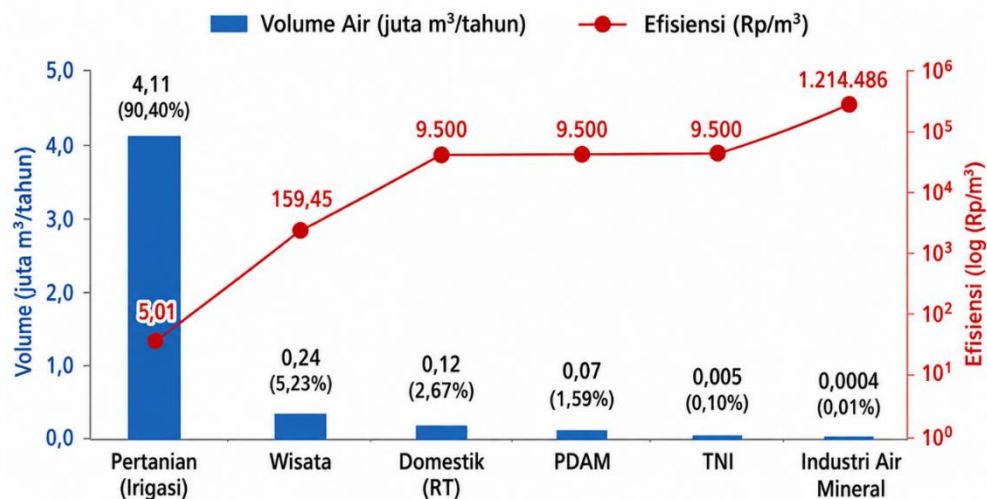
menghasilkan nilai ekonomi yang signifikan melalui proses pengolahan, pengemasan, dan distribusi produk. Hal ini menegaskan bahwa nilai ekonomi air sangat ditentukan oleh kemampuan sektor dalam menciptakan nilai tambah, bukan semata-mata oleh besarnya volume penggunaan (Barbier & Burgess, 2024).

Perbedaan ini semakin diperjelas dengan efisiensi ekonomi air yang menunjukkan bahwa sektor pertanian dengan konsumsi air terbesar justru memiliki efisiensi terendah, sementara sektor dengan konsumsi air terkecil (industri) memiliki efisiensi tertinggi. Hal ini sejalan dengan konsep *water productivity* yang menekankan pentingnya optimalisasi nilai ekonomi per satuan air dalam pengelolaan sumber daya air (UN-Water/UNESCO, 2021). Namun demikian, perbandingan nilai ekonomi antar sektor dalam penelitian ini perlu diinterpretasikan secara hati-hati, mengingat adanya perbedaan pendekatan valuasi yang digunakan. Sektor pertanian dinilai berdasarkan biaya penggunaan (iuran), sedangkan sektor industri dan pariwisata dinilai berdasarkan nilai produksi atau pendapatan. Oleh karena itu, analisis lebih difokuskan pada pola ketimpangan dan kecenderungan kontribusi ekonomi bukan pada perbandingan absolut antar sektor.

Implikasi kebijakan dari penelitian ini sangat penting dalam konteks kebijakan pengelolaan sumber daya air. Ketimpangan antara volume penggunaan dan nilai ekonomi menunjukkan bahwa alokasi air yang ada saat ini belum sepenuhnya mencerminkan prinsip efisiensi ekonomi (Barbier & Burgess, 2024; Pahl-Wostl & Knieper, 2023). Dalam jangka panjang, kondisi ini akan berpotensi menimbulkan tekanan terhadap keberlanjutan sumber daya air terutama di wilayah semi-arid seperti Nusa Tenggara Timur. Oleh karena itu, diperlukan pergeseran paradigma dalam pengelolaan sumber daya air, dari pendekatan berbasis kuantitas menuju pendekatan berbasis nilai dan efisiensi (Pahl-Wostl *et al.*, 2023). Kebijakan yang dapat dipertimbangkan antara lain adalah peningkatan efisiensi penggunaan air pada sektor pertanian melalui teknologi irigasi yang lebih hemat air, penyesuaian tarif air yang lebih mencerminkan nilai ekonomi, serta pengembangan sektor-sektor yang memiliki produktivitas ekonomi air yang lebih tinggi tanpa mengabaikan aspek ketahanan pangan dan keadilan sosial.

Efisiensi Ekonomi Pemanfaatan Air per Sektor

Hasil perhitungan efisiensi ekonomi ($EE_i = NE_i/Q_i$) menunjukkan kesenjangan yang luar biasa dari Rp 5,01/m³ pada sektor irigasi pertanian hingga Rp 1.214.485,98/m³ pada industri air mineral, atau berbeda 242.412 kali lipat. Visualisasi kesenjangan ekstrem ini disajikan pada **Gambar 2** yang menggabungkan data volume dan efisiensi ekonomi dalam skala logaritmik, sehingga rentang nilai yang tidak mungkin ditampilkan secara linier dapat terlihat secara utuh.



Gambar 2. Volume pemanfaatan air (juta m³/tahun) dan efisiensi ekonomi (Rp/m³, skala log) per sektor di Mata Air Baumata. Sumber: Data Primer Penelitian (2025).

Gambar 2 secara visual mempertegas paradoks yang tidak terlihat dalam angka linier antara sektor dengan volume terbesar (pertanian, 4.116.709 m³/tahun) justru memiliki efisiensi terendah (Rp 5,01/m³), sementara sektor dengan volume terkecil (industri air mineral, 428 m³/tahun) mencatat efisiensi tertinggi (Rp 1.214.486/m³). **Tabel 4** menyajikan perbandingan efisiensi per sektor beserta faktor penentu utamanya.

Tabel 4. Efisiensi Ekonomi Pemanfaatan Air per Sektor dan Faktor Penentu Utama

No.	Sektor Pemanfaatan	EEi (Rp/m³)	Rasio vs Pertanian	Faktor Penentu Utama
1	Domestik/PDAM/TNI AURI	9.500,00	1.896×	Tarif pasar resmi (Rp9.500/m³)
2	Irigasi Pertanian	5,01	1× (basis)	Iuran non-pasar (Rp10.000/KK/bulan)
3	Wisata Kolam Renang	159,45	32×	Nilai produksi rendah vs volume besar
4	Industri Air Mineral	1.214.485,98	242.412×	Nilai tambah produksi (packaging & distribusi)

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025

a) **Faktor Struktural: Perbedaan Kapasitas Penciptaan Nilai Tambah**

Kesenjangan efisiensi berakar pada perbedaan fundamental dalam rantai nilai produksi antar sektor. Industri air mineral merupakan *water-intensive value chain* yang mengubah air baku bernilai rendah menjadi produk konsumsi bernilai tinggi melalui serangkaian proses filtrasi, ozonasi, pengemasan, dan distribusi ritel. Dengan hanya 428 m³/tahun, PT Aguamor Timorindo menghasilkan Rp 519.800.000/tahun – artinya setiap liter air baku menghasilkan nilai produksi lebih dari Rp 1.214. Nilai ini bahkan melampaui rata-rata efisiensi industri global sebesar USD 32/m³ ($\approx$ Rp 554.668/m³), yang disebabkan oleh skala produksi kecil yang menghasilkan rasio nilai-per-volume lebih tinggi (UN-Water/UNESCO, 2021).

Sebaliknya, irigasi pertanian beroperasi dalam struktur nilai tambah rendah yaitu air digunakan sebagai input untuk menghasilkan komoditas pertanian yang dijual di pasar lokal tanpa transformasi nilai tambah yang signifikan. Efisiensi Rp 5,01/m³ ($\approx$ USD 0,0003/m³) bahkan jauh di bawah rata-rata global pertanian sebesar USD 0,60/m³ ($\approx$ Rp 10.400/m³) maupun temuan kajian irigasi di Ethiopia sebesar Rp 1.580–4.977/m³ (Bashe *et al.*, 2022; UN-Water/UNESCO, 2021). Kondisi ini mengkonfirmasi bahwa *undervaluation* air irigasi di Mata Air Baumata lebih ekstrem dibandingkan konteks negara berkembang lainnya, yang tidak dapat dijelaskan semata dari rendahnya produktivitas lahan, melainkan juga dari distorsi mekanisme harga yang berlapis (Bashe *et al.*, 2022; Grafton *et al.*, 2018).

b) Faktor Kebijakan: Kegagalan Penetapan Harga Air Irigasi

Faktor kebijakan yang paling menentukan rendahnya efisiensi air irigasi adalah sistem iuran yang tidak berbasis nilai ekonomi maupun kelangkaan. Iuran petani sebesar Rp 10.000/KK/bulan menghasilkan nilai ekonomi total irigasi hanya Rp 20.640.000/tahun dari 4.116.709 m³ pemakaian – suatu penetapan harga yang hampir nol secara ekonomis. Ketika harga air mendekati nol, tidak ada sinyal ekonomi yang mendorong petani mengadopsi teknologi hemat air atau mengalihkan usahanya ke komoditas bernilai lebih tinggi, sehingga volume konsumsi tetap tinggi meskipun nilai ekonomi yang dihasilkan sangat kecil (Wan Rosely & Voulvoulis, 2024). Produktivitas ekonomi air rata-rata di negara berpendapatan menengah bawah hanya USD 20,6/m³, dan kondisi pertanian di Mata Air Baumata berada jauh di bawah angka terendah tersebut – sebuah indikator kuat adanya distorsi harga yang sistemik (Barbier & Burgess, 2024).

Kegagalan penetapan harga air ini bersifat sistemik dan tidak terisolasi pada konteks lokal. Kajian komprehensif tentang manajemen air di Indonesia menegaskan bahwa penetapan tarif air yang tidak berbasis kelangkaan merupakan pola berulang di seluruh wilayah pertanian Indonesia, di mana alokasi air masih berjalan tanpa dasar valuasi ekonomi yang memadai sehingga konflik penggunaan air antar pihak terus berulang (Umami *et al.*, 2022). Di NTT, kondisi ini diperparah oleh dua faktor tambahan (1) posisi tawar petani kecil yang lemah membuat reformasi tarif secara politis sangat sensitif, meskipun tarif rendah sesungguhnya tidak memberikan perlindungan kemiskinan yang efektif karena tanpa insentif efisiensi produktivitas lahan tetap rendah; dan (2) tidak adanya lembaga pengelola irigasi yang memiliki kapasitas teknis dan kewenangan untuk menerapkan alokasi berbasis kuota dan tarif volumetrik (Malahayati, 2024).

Dengan demikian, kesenjangan efisiensi 242.412 kali antara industri air mineral dan irigasi pertanian merupakan hasil kumulatif dari (1) perbedaan kapasitas struktural dalam penciptaan nilai tambah, (2) absennya tarif air irigasi berbasis nilai ekonomi, dan (3) ketiadaan kelembagaan pengelola air yang efektif. Ketiga faktor ini beroperasi secara simultan dan saling memperkuat, sehingga intervensi tunggal – misalnya hanya menaikkan tarif – tanpa memperbaiki kapasitas kelembagaan dan dukungan teknologi tidak akan menghasilkan perubahan efisiensi yang signifikan (Pahl-Wostl & Knieper, 2023). Pendekatan *systems thinking* dalam pengelolaan sumber daya air

menegaskan bahwa reformasi yang efektif harus menyentuh ketiga lapisan ini secara bersamaan (Wan Rosely & Voulvoulis, 2024).

Implikasi Kebijakan

Temuan penelitian ini memiliki implikasi kebijakan yang berlapis. Pertama, reformasi tarif air irigasi secara bertahap berbasis kemampuan petani. Mekanisme tarif *volumetrik increasing block tariff* – yang meningkat seiring bertambahnya volume penggunaan – dapat diperkenalkan untuk memberikan sinyal ekonomi tanpa membebani petani subsisten. Pendekatan ini telah berhasil diterapkan di berbagai konteks irigasi kecil di Asia Tenggara sebagai instrumen pengurangan konsumsi air sekaligus penggalangan dana operasional jaringan irigasi (Umami *et al.*, 2022).

Kedua, pembentukan kelembagaan pengelola air terpadu berbasis daerah tangkapan air (DTA) Mata Air Baumata. Absennya lembaga pengelola tunggal yang berwenang mengatur alokasi, memungut iuran, dan menegakkan kuota antar sektor merupakan akar kelembagaan dari inefisiensi yang terdokumentasi. Kelembagaan ini perlu melibatkan representasi seluruh enam sektor pengguna dengan mekanisme *cost sharing* untuk pembiayaan konservasi TWA Baumata, mengingat seluruh sektor adalah benefisiari langsung dari fungsi ekohidrologi kawasan yang telah mengalami penyusutan dari 87 ha menjadi 36,21 ha. Kajian jejak air sektoral di Indonesia menekankan pentingnya reformasi kebijakan alokasi air berbasis nilai ekonomi sebagai prasyarat keberlanjutan pengelolaan sumber daya air (Malahayati, 2024).

Ketiga, transformasi komoditas pertanian menuju produk bernilai tambah tinggi. Peningkatan efisiensi ekonomi air pertanian tidak cukup hanya melalui teknologi irigasi hemat air, tetapi harus disertai diversifikasi ke produk hortikultura premium dan pengembangan agroindustri skala kecil berbasis hasil pertanian lokal. Strategi ini secara simultan meningkatkan nilai tambah per m³ air dan mengurangi tekanan volume penggunaan – sebuah pendekatan *water productivity enhancement* yang diidentifikasi sebagai intervensi paling berkelanjutan untuk konteks negara berkembang dengan dominasi sektor pertanian beririgasi (Barbier & Burgess, 2024). Penerapan teknologi *drip irrigation* secara konsisten akan mengurangi konsumsi air lapangan sebesar 30–50% dibandingkan dengan irigasi konvensional (Yang *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Pemanfaatan sumber daya air di Mata Air Baumata mencapai 4.554.058 m³/tahun yang terdistribusi pada enam sektor pengguna dengan pola sangat timpang yaitu irigasi pertanian mendominasi 90,40% total volume namun hanya menghasilkan 0,84% dari total nilai ekonomi, sementara industri air mineral hanya menggunakan 0,01% volume tetapi berkontribusi 21,09% nilai ekonomi. Nilai ekonomi total (NET) pemanfaatan air mencapai Rp 2.465.143.865 per tahun dengan pendekatan *hybrid economic valuation*, di mana sektor domestik rumah tangga menjadi kontributor terbesar (46,83%), diikuti PDAM (27,87%) dan industri air mineral (21,09%). Efisiensi ekonomi (EEi)

antar sektor menunjukkan kesenjangan yang luar biasa: dari Rp 5,01/m³ pada irigasi pertanian hingga Rp 1.214.485,98/m³ pada industri air mineral, atau berbeda 242.412 kali lipat. Kesenjangan ekstrem ini merupakan hasil kumulatif dari dua lapisan determinan yang saling memperkuat (1) faktor struktural, yaitu perbedaan kapasitas penciptaan nilai tambah — industri beroperasi dalam rantai nilai panjang (filtrasi–pengemasan–distribusi) sementara pertanian menjual komoditas mentah tanpa transformasi nilai; dan (2) faktor kebijakan, yaitu kegagalan sistemik penetapan tarif air irigasi yang mendekati nol (Rp 10.000/KK/bulan) sehingga tidak ada sinyal ekonomi yang mendorong efisiensi penggunaan air. Efisiensi irigasi di Mata Air Baumata (USD 0,0003/m³) jauh di bawah rata-rata global pertanian (USD 0,60/m³). Produktivitas ekonomi air lebih ditentukan oleh kemampuan sektor dalam menciptakan nilai tambah daripada besarnya volume penggunaan, dan kebijakan alokasi air yang tidak berbasis nilai ekonomi akan terus menghasilkan inefisiensi yang merugikan keberlanjutan kawasan konservasi.

Berdasarkan temuan di atas, tiga rekomendasi kebijakan operasional diajukan. Pertama, penetapan tarif air irigasi berbasis volume melalui mekanisme *increasing block tariff* secara bertahap, dimulai dengan pemasangan meter air pada seluruh saluran irigasi primer sebagai infrastruktur dasar penghitungan volumetrik, disertai skema subsidi silang dari sektor industri dan PDAM yang memiliki kemampuan bayar tinggi. Kedua, pembentukan Unit Pengelola Sumber Air (UPSA) Mata Air Baumata sebagai lembaga koordinatif lintas sektor yang berwenang menetapkan kuota alokasi air per sektor berbasis hasil valuasi ekonomi, memungut iuran pemanfaatan untuk pembiayaan rehabilitasi TWA Baumata, serta menegakkan sanksi administratif bagi sektor yang melebihi kuota, sejalan dengan prinsip *integrated water resource management* untuk kawasan konservasi dengan pengguna majemuk. Ketiga, program peningkatan nilai tambah pertanian melalui diversifikasi komoditas hortikultura premium, fasilitasi koperasi pengolahan hasil pertanian, dan penerapan teknologi *drip irrigation* yang mampu mengurangi konsumsi air 30–50% dibandingkan irigasi permukaan konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. H. (2026). Water Footprint in Agriculture: Framework and Conservation Approaches. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 26(1), 1–16. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2026/v26i1699>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. (2024). Provinsi Nusa Tenggara Timur Dalam Angka 2024. In BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur (Ed.), *Publikasi Tahunan Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur*. BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur. <https://ntt.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/56eb9d4253a9d35283615899/provinsi-nusa-tenggara-timur-dalam-angka-2024.html>
- Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Nusa Tenggara Timur. (2018). *Evaluasi Kesesuaian Fungsi Ekosistem Hidrologi di Wilayah Kawasan Konservasi Baumata, Kabupaten Kupang*. Kupang.
- Barbier, E. B., & Burgess, J. C. (2024). Economics of Water Scarcity and Efficiency. *Sustainability*, 16(19), 8550. <https://doi.org/10.3390/su16198550>

- Bashe, T., Alamirew, T., & Dejen, Z. A. (2022). Estimating the economic value and economic return of irrigation water as a sustainable water resource management mechanism. *Sustainable Water Resources Management*, 8(6), 175. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00764-4>
- Grafton, R. Q., Williams, J., Perry, C. J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S. A., Wang, Y., Garrick, D., & Allen, R. G. (2018). The paradox of irrigation efficiency. *Science*, 361(6404), 748–750. <https://doi.org/10.1126/science.aat9314>
- Malahayati, M. (2024). An input–output approach to estimate the sectoral water footprint in Indonesia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(5), 1669–1686. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02674-1>
- Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I. B., Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Supangat, A. B., Purwanto, Setiawan, O., Nandini, R., Ulya, N. A., Arifanti, V. B., & Yuwati, T. W. (2021). A Review on Sustainability of Watershed Management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125. <https://doi.org/10.3390/su131911125>
- Pahl-Wostl, C., Dombrowsky, I., Lenschow, A., & Thiel, A. (2023). Pathways towards enhanced capacity in water governance to deal with complex management challenges. *Environmental Science & Policy*, 148, 103556. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.103556>
- Pahl-Wostl, C., & Knieper, C. (2023). Pathways towards improved water governance: The role of polycentric governance systems and vertical and horizontal coordination. *Environmental Science & Policy*, 144, 151–161. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.03.011>
- Saputra, J., Kandari, A. M., Midi, L. O., Sudia, L. B., Gandri, L., Hidayat, H., & Qadri, M. S. (2026). Community perceptions and valuation of freshwater ecosystem services: A case of rural springs. *Interaction, Community Engagement, and Social Environment*, 3(2 SE-Articles), 85–103. <https://doi.org/10.61511/icese.v3i2.2026.2328>
- Umami, A., Sukmana, H., Wikurendra, E. A., & Paulik, E. (2022). A review on water management issues: potential and challenges in Indonesia. *Sustainable Water Resources Management*, 8(3), 63. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00648-7>
- UNESCO World Water Assessment Programme. (2024). The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace. In UNESCO. UNESCO. <https://doi.org/10.54679/wz dq6209>
- UN-Water/UNESCO. (2021). The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. In *The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water*. UNESCO. <https://doi.org/10.54679/momu6572>
- Velasco-Muñoz, J., Aznar-Sánchez, J., Belmonte-Ureña, L., & Román-Sánchez, I. (2018). Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research. *Sustainability*, 10(4), 1084. <https://doi.org/10.3390/su10041084>
- Wan Rosely, W. I. H., & Voulvoulis, N. (2024). System Thinking for Sustainable Water Management: The Use of System Tools in Sustainability Transitions. *Water Resources Management*, 38(4), 1315–1337. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03723-6>
- Yang, P., Wu, L., Cheng, M., Fan, J., Li, S., Wang, H., & Qian, L. (2023). Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China. *Water (Switzerland)*, 15(9), 1733. <https://doi.org/10.3390/w15091733>