Vol. 20 (2) 2026: 562-579
Jurnal Penelitian Kehutanan
https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila
Jurnal MAKILA

Penilaian Status Keberlanjutan Sistem Penyediaan Air Bersih Berbasis Pengelolaan Sumber Daya Air di Provinsi Banten

(*Sustainability Status Analysis of Clean Water Supply Systems Based on Water Resource Management in Banten Province*)

Rahmat Hidayat[1*], Liyantono[2], & Wonny Ahmad Ridwan[3]

[1] Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
[2] Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknik dan Teknologi Pertanian, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
[3] Departemen Teknik dan Manajemen Lingkungan, Sekolah Vokasi, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

Informasi Artikel:

Submitted	:	17 September 2026
Revised	:	27 Oktober 2026
Accepted	:	30 Oktober 2026
Published	:	05 November 2026

*** Penulis Korespondensi:**

Rahmat Hidayat
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

e-mail:
rahmat843hidayat@apps.ipb.ac.id
Telp: +62 813-4316-4304

Makila 20 (2) 2026: 562-579

DOI:
https://doi.org/10.30598/makila.v20i2.28013

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): Rahmat Hidayat, Liyantono & Wonny Ahmad Ridwan

Journal homepage:
https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila
Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article** · **Open Access

ABSTRACT

Sustainable drinking water provision requires integrated assessment of ecological conditions, financial performance, human resources, and technological reliability. This study evaluated the multidimensional sustainability of drinking water supply systems operated by six regional enterprises in Banten Province, Indonesia. Sustainability was assessed using Multidimensional Scaling (MDS) with the Rapfish approach across four dimensions: ecology, economy, human resources, and technology. Attribute scoring incorporated expert assessments and secondary institutional data, while leverage analysis identified attributes exhibiting the greatest sensitivity within each dimension. Ecological sustainability indices ranged from 38.69 to 73.72, indicating less to moderately sustainable conditions. Economic indices ranged from 42.05 to 68.88, revealing comparable sustainability constraints. Human resource indices ranged from 59.60 to 81.05, whereas technological indices ranged from 57.50 to 94.93, indicating comparatively stronger performance in these dimensions. Sensitive ecological attributes included customer water quality, river regime coefficient, and vegetation cover. Economic sensitivity was associated with cash ratio, customer growth, and collection effectiveness. Complaint resolution, corporate social responsibility implementation, service operating hours, and customer connection pressure also emerged as important attributes. These findings support differentiated management priorities integrating watershed protection, financial resilience, organizational capacity, and technological reliability to strengthen sustainable drinking water services across regional enterprises.

KEYWORDS*: *sustainability status; clean water supply; MDS; Rapfish; BUMD Air Minum; Banten Province

INTISARI

Keberlanjutan penyediaan air minum memerlukan evaluasi terpadu terhadap kondisi ekologi, kinerja ekonomi, kapasitas sumber daya manusia, dan keandalan teknologi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi status keberlanjutan sistem penyediaan air minum pada enam badan usaha daerah di Provinsi Banten.

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

Penilaian dilakukan menggunakan Multidimensional Scaling (MDS) dengan pendekatan Rapfish melalui empat dimensi, yaitu ekologi, ekonomi, sumber daya manusia, dan teknologi. Penilaian atribut memanfaatkan pertimbangan pakar dan data sekunder kelembagaan, sedangkan analisis leverage digunakan untuk mengidentifikasi atribut dengan sensitivitas tertinggi. Indeks keberlanjutan dimensi ekologi berkisar 38,69–73,72 dan dimensi ekonomi 42,05–68,88, yang menunjukkan kategori kurang hingga cukup berkelanjutan. Dimensi sumber daya manusia mencapai 59,60–81,05, sedangkan dimensi teknologi mencapai 57,50–94,93, dengan kondisi relatif lebih baik. Atribut sensitif dimensi ekologi mencakup kualitas air pelanggan, koefisien rezim sungai, dan tutupan vegetasi. Dimensi ekonomi terutama berkaitan dengan rasio kas, pertumbuhan pelanggan, dan efektivitas penagihan. Penyelesaian pengaduan, konsistensi tanggung jawab sosial perusahaan, jam pelayanan, serta tekanan air pelanggan juga menunjukkan sensitivitas penting. Temuan ini menegaskan perlunya prioritas pengelolaan yang berbeda antarpenyelenggara melalui perlindungan daerah tangkapan air, penguatan keuangan, peningkatan kapasitas organisasi, dan optimalisasi teknologi pelayanan untuk mendukung keberlanjutan penyediaan air minum di wilayah penelitian secara terpadu, terukur, adaptif, dan berkesinambungan.

KATA KUNCI: status keberlanjutan; air bersih; MDS; Rapfish; BUMD Air Minum; Provinsi Banten

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang memiliki peran fundamental dalam menunjang kehidupan manusia dan pembangunan. Ketersediaan air minum yang aman dan berkelanjutan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan domestik sekaligus mendukung aktivitas ekonomi, industri, dan pelayanan publik. Namun, keberlanjutan penyediaan air minum menghadapi berbagai tekanan akibat pertumbuhan penduduk, urbanisasi, pencemaran lingkungan, perubahan penggunaan lahan, serta perubahan iklim yang memengaruhi ketersediaan dan kualitas sumber daya air (Wiriani *et al*. 2018). Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, permasalahan tersebut berkaitan erat dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*/SDGs), khususnya tujuan ke-6 mengenai ketersediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, keberlanjutan penyediaan air minum perlu dipahami tidak hanya sebagai kemampuan penyelenggara dalam memenuhi kebutuhan pelanggan, tetapi juga sebagai kemampuan mempertahankan ketersediaan sumber air baku, menjaga kualitas lingkungan, dan menjamin kontinuitas pelayanan dalam jangka panjang.

Keberlanjutan pelayanan air minum memiliki keterkaitan erat dengan kondisi ekologis daerah tangkapan air sebagai bagian dari sistem hidrologi yang memasok sumber air baku. Perubahan tutupan vegetasi dan penggunaan lahan dapat memengaruhi infiltrasi, limpasan permukaan, erosi,

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

sedimentasi, serta karakteristik aliran sungai. Perubahan tersebut selanjutnya berpotensi memengaruhi kuantitas dan kualitas air baku yang tersedia untuk diolah dan didistribusikan kepada masyarakat. Penurunan kualitas air baku dapat meningkatkan kebutuhan pengolahan, biaya operasional, dan risiko gangguan pelayanan, sedangkan ketidakstabilan ketersediaan air dapat membatasi kemampuan penyelenggara dalam memenuhi kebutuhan pelanggan secara kontinu. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air menempatkan pengelolaan sumber daya air sebagai kegiatan yang mencakup konservasi, pendayagunaan, dan pengendalian daya rusak air secara terpadu. Sementara itu, Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum mengatur penyelenggaraan SPAM, termasuk keterkaitannya dengan sumber air baku. Dengan demikian, evaluasi keberlanjutan pelayanan air minum perlu mempertimbangkan hubungan antara kondisi daerah tangkapan air, keandalan sumber air baku, dan kinerja operasional penyelenggara.

Dalam konteks Indonesia, penyelenggaraan sistem penyediaan air minum melibatkan pemerintah daerah melalui Badan Usaha Milik Daerah Air Minum (BUMD Air Minum). Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 23 Tahun 2024 tentang Organ dan Kepegawaian Badan Usaha Milik Daerah Air Minum menggunakan istilah BUMD Air Minum yang selanjutnya disebut BUMDAM serta mengatur aspek organisasi dan kepegawaiannya. Peraturan tersebut menjadi rujukan untuk memahami nomenklatur kelembagaan, sedangkan kerangka penyelenggaraan SPAM dan pengelolaan sumber daya air mengacu pada regulasi yang mengatur substansi kedua bidang tersebut. Dalam pelaksanaannya, BUMD Air Minum menghadapi tantangan yang saling berkaitan, meliputi perlindungan sumber air baku, efisiensi dan keberlanjutan keuangan, kecukupan serta kompetensi sumber daya manusia, dan keandalan teknologi produksi maupun distribusi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penilaian keberlanjutan perlu dilakukan melalui pendekatan multidimensi agar dapat menggambarkan keterkaitan antara kondisi lingkungan sumber air dan kapasitas penyelenggara dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat.

Provinsi Banten merupakan salah satu wilayah di Pulau Jawa yang mengalami perkembangan penduduk, perkotaan, dan kegiatan industri. Berdasarkan proyeksi penduduk hasil Sensus Penduduk 2020-2050, jumlah penduduk Provinsi Banten pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 12,54 juta jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,1% per tahun pada periode 2020-2025 (BPS 2025). Pertumbuhan tersebut meningkatkan kebutuhan pelayanan air minum sekaligus memperbesar tekanan terhadap sumber air baku dan infrastruktur penyediaan air. Penelitian ini mencakup enam penyelenggara air minum milik daerah, yaitu Perumda Tirta Benteng Kota Tangerang, Perumdam Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang, Perseroda Pembangunan Investasi Tangerang Selatan (PITS), Perumda Air Minum Tirta Madani Kota Serang, Perumda Air Minum Tirta Al Bantani Kabupaten Serang, dan Perumdam Tirta Kalimaya Kabupaten Lebak. Pemilihan keenam objek tersebut didasarkan pada ketersediaan data dan kesesuaian dengan ruang lingkup penelitian. Khusus pada Perseroda PITS, analisis diarahkan pada kegiatan pengelolaan air

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

minum dan penyelenggaraan SPAM yang menjadi unit usahanya. Perbedaan karakteristik wilayah pelayanan, kondisi sumber air, kapasitas organisasi, dan kemampuan operasional setiap penyelenggara memungkinkan adanya variasi status keberlanjutan yang perlu dianalisis secara komparatif.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji keberlanjutan sumber daya air dan sistem penyediaan air minum dengan pendekatan multidimensi. Bakeri *et al*. (2012), misalnya, menerapkan metode *Multi Dimensional Scaling* (MDS) untuk menganalisis keberlanjutan pengelolaan air lintas wilayah dengan studi kasus DKI Jakarta. Dewi *et al*. (2023) mengevaluasi status keberlanjutan penyediaan air pada Sub-DAS Cikeruh melalui dimensi ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan. Mulyatna *et al*. (2024) menganalisis keberlanjutan pengelolaan air baku domestik di Kota Bandung dengan pendekatan multidimensi yang disesuaikan untuk penilaian air baku. Sementara itu, Puspita dan Zevi (2024) menilai keberlanjutan sistem penyediaan air minum berbasis masyarakat melalui program PAMSIMAS di Kabupaten Bekasi dengan metode MDS-Rapfish dan analisis strategi. Pada konteks Provinsi Banten, Taufik *et al*. (2025) mengkaji keberlanjutan program pengembangan sistem penyediaan air minum dan pengelolaan air limbah dengan menitikberatkan pada evaluasi program pembangunan bidang keciptakaryaan. Penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan pentingnya pendekatan multidimensi, tetapi memiliki perbedaan dalam unit analisis, cakupan dimensi, dan fokus evaluasi.

Berdasarkan kajian tersebut, kesenjangan penelitian terletak pada perlunya evaluasi komparatif keberlanjutan pada tingkat penyelenggara BUMD Air Minum yang secara bersamaan mempertimbangkan kondisi ekologis sumber air, kapasitas ekonomi, sumber daya manusia, dan teknologi pelayanan. Penelitian terdahulu yang berfokus pada daerah aliran sungai, pengelolaan air baku, sistem berbasis masyarakat, atau program pembangunan belum secara langsung menjawab bagaimana variasi status keberlanjutan antarpenyelenggara BUMD Air Minum di Provinsi Banten dapat dijelaskan melalui kombinasi atribut lingkungan sumber air dan kinerja pelayanan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan kerangka penilaian empat dimensi tersebut untuk membandingkan enam penyelenggara air minum di Provinsi Banten serta mengidentifikasi atribut sensitif melalui analisis leverage. Pendekatan ini memungkinkan penilaian kondisi keberlanjutan tidak hanya berdasarkan indeks setiap dimensi, tetapi juga berdasarkan atribut yang perlu diprioritaskan dalam perbaikan pengelolaan.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis status keberlanjutan sistem penyediaan air minum pada enam BUMD di Provinsi Banten menggunakan metode *Multi Dimensional Scaling* (MDS) dengan pendekatan Rapfish melalui empat dimensi, yaitu ekologi, ekonomi, sumber daya manusia, dan teknologi. Penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi atribut sensitif pada setiap dimensi melalui analisis *leverage* sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan evaluasi keberlanjutan penyelenggara air minum daerah, khususnya dengan

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

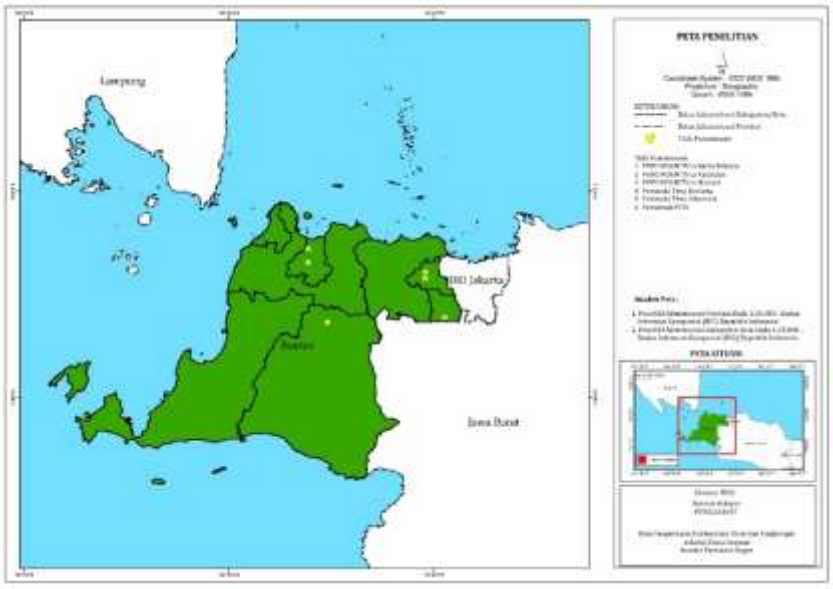
menghubungkan perlindungan sumber air baku dengan kapasitas finansial, kualitas sumber daya manusia, dan keandalan teknologi pelayanan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Provinsi Banten pada tahun 2025 dengan unit analisis berupa enam penyelenggara sistem penyediaan air minum milik daerah. Objek penelitian meliputi Perumda Tirta Benteng Kota Tangerang (BUMD 1), Perumdam Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (BUMD 2), Perumda Tirta Madani Kota Serang (BUMD 3), Perumda Tirta Al Bantani Kabupaten Serang (BUMD 4), Perumdam Tirta Kalimaya Kabupaten Lebak (BUMD 5), dan Perseroda Pembangunan Investasi Tangerang Selatan (BUMD 6).

Penentuan objek penelitian didasarkan pada ketersediaan data dan kesesuaian karakteristik sistem penyediaan air minum dengan tujuan evaluasi. Pada Perseroda PITS, ruang lingkup penilaian dibatasi pada unit usaha penyelenggaraan air minum. Pengodean BUMD 1–6 digunakan secara konsisten untuk membandingkan hasil ordinasi dan indeks keberlanjutan antarpengelola. Peta lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Jenis dan Sumber Data

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan dukungan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui penilaian pakar (*expert judgement*) terhadap atribut keberlanjutan yang telah ditentukan berdasarkan kajian literatur dan kondisi sistem penyediaan air bersih di wilayah penelitian. Responden pakar dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan kriteria kompetensi, pengalaman, dan keterlibatan dalam bidang pengelolaan sumber daya air. Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber, antara lain dokumen kinerja badan usaha air minum, data

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

statistik daerah, dokumen instansi pemerintah terkait, laporan pengelolaan lingkungan, serta literatur ilmiah yang relevan dengan keberlanjutan sumber daya air.

Penentuan Dimensi dan Atribut Keberlanjutan

Analisis keberlanjutan sistem penyediaan air bersih dilakukan berdasarkan empat dimensi utama, yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sumber daya manusia, dan teknologi. Penentuan atribut pada masing-masing dimensi mengacu pada kajian pustaka, dokumen kebijakan, serta karakteristik pengelolaan sumber daya air pada sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten. Setiap atribut diberikan skor berdasarkan kondisi aktual yang selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Multi Dimensional Scaling* (MDS) dengan pendekatan Rapfish. Atribut keberlanjutan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Dimensi dan atribut keberlanjutan sistem penyediaan air bersih

Dimensi	Atribut Keberlanjutan	Sumber
Ekologi	Tingkat pencemaran air sungai	Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003
	Tingkat sedimentasi	PP Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI Kelas II
	Koefisien regim sungai	Perdirjen RHLPS No. P.04/V-SET/2009
	Kualitas air pelanggan	Direktorat Air Minum (2024)
	Kesesuaian penggunaan lahan (KPL)	Perdirjen RHLPS No. P.04/V-SET/2009
	Penutupan lahan oleh vegetasi (IPL)	Perdirjen RHLPS No. P.04/V-SET/2009
Sumber Daya Manusia	Tingkat kepadatan penduduk	Imran (2023)
	Rasio jumlah pegawai terhadap pelanggan	Direktorat Air Minum (2024)
	Tingkat kepatuhan dalam membayar tagihan air BUMD Air Minum	Bakeri *et al*. (2012)
	Tingkat penyelesaian pengaduan	Direktorat Air Minum (2024)
	Tingkat konsistensi pelaksanaan CSR (*Corporate Social Responsibility*)	Harvianna dan Bayangkara (2025)
	Cakupan pelayanan teknis	Direktorat Air Minum (2024)
	Rasio diklat pegawai	Direktorat Air Minum (2024)
Ekonomi	Rasio operasi	Direktorat Air Minum (2024)
	Return on Equity (ROE)	Direktorat Air Minum (2024)
	Tingkat pertumbuhan pelanggan	Direktorat Air Minum (2024)
	Rasio kas	Direktorat Air Minum (2024)
	Efektivitas penagihan	Direktorat Air Minum (2024)
	Solvabilitas	Direktorat Air Minum (2024)
Teknologi	Penggantian meter air pelanggan	Direktorat Air Minum (2024)
	Air tak berekening/*Non Revenue Water* (NRW)	Direktorat Air Minum (2024)
	Jam operasi layanan	Direktorat Air Minum (2024)
	Tekanan air pada sambungan pelanggan	Direktorat Air Minum (2024)
	Tingkat efisiensi produksi	Direktorat Air Minum (2024)
	Kondisi infrastruktur jaringan distribusi	Direktorat Air Minum (2024)

Sumber: olah data primer, 2026

Analisis Data

Analisis Status Keberlanjutan

Status keberlanjutan sistem penyediaan air bersih dianalisis menggunakan metode *Multi Dimensional Scaling* (MDS) dengan pendekatan Rapfish (*Rapid Appraisal for Fisheries*) yang telah dikembangkan dan diaplikasikan secara luas untuk mengevaluasi status keberlanjutan pada berbagai bidang pengelolaan sumber daya alam (Fauzi dan Anna 2005). Metode MDS dipilih karena

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

mampu melakukan analisis terhadap berbagai atribut yang bersifat multidimensi dan menghasilkan suatu indeks keberlanjutan yang menggambarkan posisi suatu objek penelitian dalam rentang kondisi tidak berkelanjutan hingga berkelanjutan.

Pada plot ordinasi MDS, titik acuan B (*Bad*), G (*Good*), U (*Up*), dan D (*Down*) digunakan untuk membantu interpretasi posisi objek penelitian dalam konfigurasi ordinasi. Titik B (*Bad*) merepresentasikan titik acuan kondisi terburuk, sedangkan titik G (*Good*) merepresentasikan titik acuan kondisi terbaik dalam penilaian keberlanjutan. Sementara itu, titik U (*Up*) dan D (*Down*) masing-masing menunjukkan titik acuan orientasi atas dan bawah pada konfigurasi ordinasi. Keempat titik acuan tersebut membantu memperjelas orientasi dan interpretasi visual posisi relatif setiap BUMD Air Minum dalam hasil analisis MDS. Interpretasi status keberlanjutan tetap didasarkan pada nilai indeks keberlanjutan yang dihasilkan dari analisis, bukan semata-mata pada posisi visual titik objek dalam plot ordinasi.

Pada penelitian ini, pendekatan Rapfish digunakan untuk mengevaluasi keberlanjutan sistem penyediaan air bersih berdasarkan empat dimensi utama, yaitu dimensi ekologi, sumber daya manusia, ekonomi, dan teknologi. Setiap dimensi terdiri atas sejumlah atribut yang menggambarkan karakteristik dan kondisi pengelolaan sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten. Atribut-atribut tersebut diberikan penilaian (*scoring*) berdasarkan kondisi aktual dengan menggunakan skala ordinal yang menggambarkan kondisi terburuk (bad) hingga kondisi terbaik (good). Hasil penilaian setiap atribut selanjutnya dianalisis menggunakan algoritma MDS untuk menghasilkan nilai indeks keberlanjutan pada masing-masing dimensi. Nilai indeks keberlanjutan yang dihasilkan berada pada rentang 0-100. Nilai tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kategori tingkat keberlanjutan berdasarkan kriteria Fauzi dan Anna (2005), yaitu tidak berkelanjutan, kurang berkelanjutan, cukup berkelanjutan, dan berkelanjutan (**Tabel 2**).

Tabel 2. Kategori Indeks dan Status Keberlanjutan

Nilai indeks	**Status keberlanjutan**
0,00-25,00	Tidak berkelanjutan
25,01-50,00	Kurang berkelanjutan
50,01-75,00	Cukup berkelanjutan
75,01-100,00	Sangat Berkelanjutan

Sumber : (Fauzi, Anna 2005)

Analisis MDS dilakukan menggunakan perangkat lunak R untuk memperoleh nilai indeks keberlanjutan pada setiap dimensi. Selain menghasilkan nilai indeks keberlanjutan, analisis MDS juga digunakan untuk melihat tingkat kesesuaian (*goodness of fit*) model melalui nilai *stress* dan koefisien determinasi (R^2). Nilai *stress* yang rendah menunjukkan bahwa konfigurasi hasil analisis MDS mampu merepresentasikan kondisi data aktual dengan baik.

Analisis Leverage

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

Analisis *leverage* dilakukan untuk mengidentifikasi atribut yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai indeks keberlanjutan. Tingkat sensitivitas setiap atribut ditentukan berdasarkan perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS). Atribut dengan nilai RMS terbesar dianggap sebagai atribut yang paling berpengaruh terhadap status keberlanjutan sistem penyediaan air bersih. Analisis ini digunakan untuk menentukan faktor kunci yang perlu menjadi perhatian dalam upaya peningkatan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air.

Analisis Monte Carlo

Uji Monte Carlo dilakukan untuk mengetahui tingkat ketidakpastian hasil analisis MDS-Rapfish. Analisis ini bertujuan mengevaluasi stabilitas nilai indeks keberlanjutan akibat kemungkinan kesalahan dalam proses pemberian skor, variasi penilaian pakar, maupun keterbatasan data yang digunakan. Hasil analisis Monte Carlo dibandingkan dengan nilai indeks MDS untuk melihat tingkat validitas dan konsistensi hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status Keberlanjutan Sistem Penyediaan Air Bersih

Analisis status keberlanjutan sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten dilakukan untuk menggambarkan kondisi pengelolaan air bersih secara multidimensi berdasarkan aspek ekologi, ekonomi, sumber daya manusia, dan teknologi. Keberlanjutan sistem penyediaan air bersih tidak hanya ditentukan oleh kemampuan penyedia layanan dalam memenuhi kebutuhan masyarakat, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi sumber daya air sebagai sumber utama air baku, kapasitas sumber daya manusia, keberlanjutan aspek ekonomi pengelolaan, serta kemampuan adaptasi teknologi yang digunakan. Oleh karena itu, pendekatan multidimensi diperlukan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai tingkat keberlanjutan sistem penyediaan air bersih di wilayah penelitian.

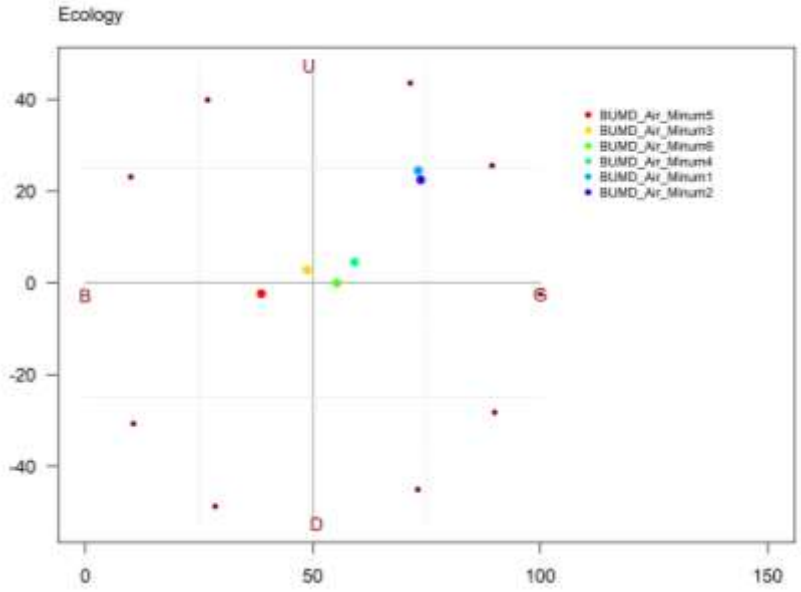
Dimensi Ekologi

Hasil analisis MDS menunjukkan bahwa nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten berada pada rentang 38,69-73,72 (Gambar 2). Berdasarkan kategori keberlanjutan Fauzi dan Anna (2005), nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi ekologis sistem penyediaan air bersih berada pada kategori kurang berkelanjutan hingga cukup berkelanjutan.

Nilai indeks keberlanjutan tertinggi pada dimensi ekologi diperoleh oleh PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (BUMD Air Minum 2) sebesar 73,72, diikuti oleh Perumda Tirta Benteng Kota Tangerang (BUMD Air Minum 1) sebesar 73,18. Kedua penyelenggara tersebut menunjukkan kondisi ekologis yang relatif lebih baik dibandingkan dengan unit lainnya. Sebaliknya, PERUMDAM Tirta Kalimaya Kabupaten Lebak (BUMD Air Minum 5) memperoleh nilai indeks terendah sebesar 38,69 dan termasuk dalam kategori kurang berkelanjutan. Perbedaan nilai

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

indeks antarpenyelenggara menunjukkan adanya variasi kondisi ekologis yang mendukung keberlanjutan sistem penyediaan air minum, terutama dalam aspek kondisi sumber air baku, kualitas lingkungan perairan, serta pengelolaan kawasan pendukung sumber daya air.



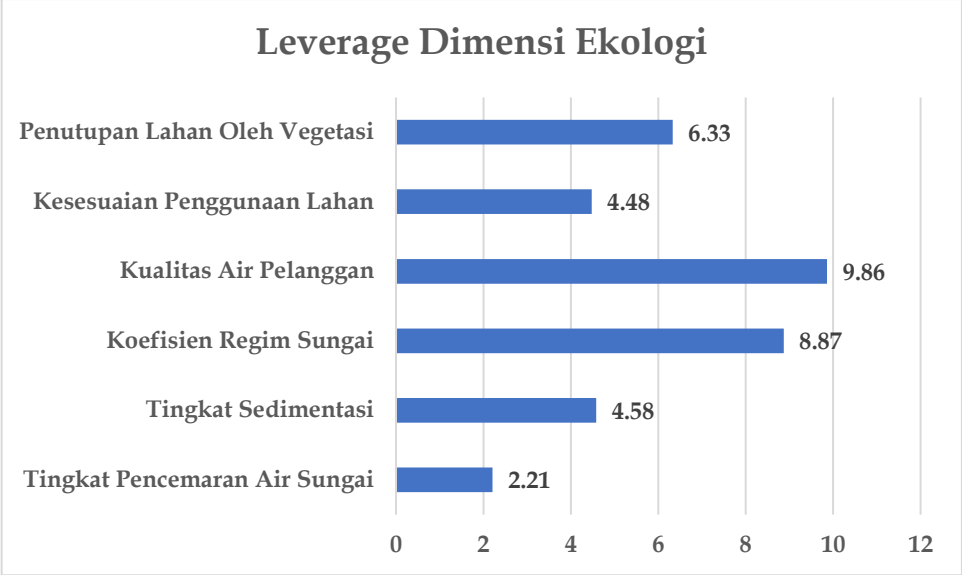
Gambar 2. Ordinasi *Multidimensional Scaling (MDS)* status keberlanjutan dimensi ekologi pada enam penyelenggara pelayanan air minum di Provinsi Banten

Berdasarkan hasil analisis leverage pada dimensi ekologi, terdapat tiga atribut yang memiliki pengaruh paling besar terhadap nilai indeks keberlanjutan, yaitu kualitas air pelanggan dengan nilai RMS sebesar 9.86, koefisien regim sungai sebesar 8.87, dan penutupan lahan oleh vegetasi sebesar 6.33 (Gambar 3). Atribut kualitas air pelanggan menjadi faktor paling sensitif yang menunjukkan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air bersih sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengelola dalam menjaga kualitas air yang diterima masyarakat. Kondisi kualitas air tidak hanya berkaitan dengan proses pengolahan dan distribusi, tetapi juga mencerminkan kondisi sumber air baku sebagai komponen utama dalam sistem penyediaan air bersih (Taufik *et al*., 2025). Hal ini sejalan dengan penelitian Mulyatna *et al*. (2024) yang menunjukkan bahwa keberlanjutan penyediaan air baku sangat dipengaruhi oleh kondisi sumber air, kualitas lingkungan pendukung, serta kemampuan pengelolaan sistem air dalam mempertahankan ketersediaan dan kualitas air secara berkelanjutan.

Koefisien regim sungai sebagai atribut sensitif kedua menunjukkan bahwa kestabilan tata air berperan penting dalam menjaga kontinuitas ketersediaan air baku. Sementara itu, penutupan lahan oleh vegetasi berpengaruh terhadap fungsi ekologis daerah tangkapan air, terutama dalam menjaga infiltrasi, mengurangi limpasan permukaan, dan mempertahankan keseimbangan hidrologis. Hasil ini diperkuat oleh penelitian Suharyanto *et al*. (2025) yang menjelaskan bahwa keberlanjutan pengelolaan sistem penyediaan air minum tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis pelayanan, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pengelolaan sumber daya air sebagai faktor

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

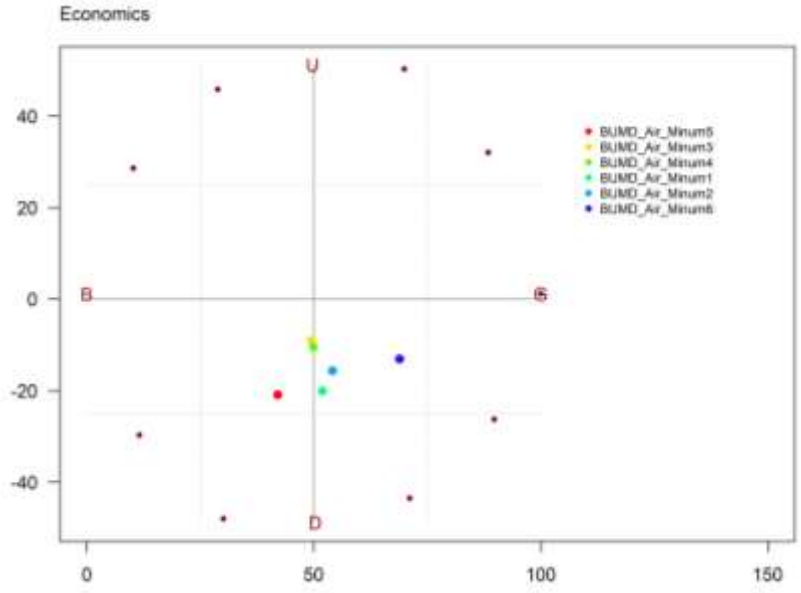
pendukung keberlanjutan. Oleh karena itu, peningkatan keberlanjutan dimensi ekologi perlu diarahkan pada pengendalian kualitas air, perlindungan daerah tangkapan air, serta penguatan upaya konservasi kawasan pendukung sumber air.



Gambar 3. Sensitivitas enam atribut keberlanjutan dimensi ekologi berdasarkan nilai *root mean square* (RMS) hasil analisis pengungkit (*leverage analysis*).

Dimensi Ekonomi

Hasil analisis MDS menunjukkan bahwa nilai indeks keberlanjutan dimensi ekonomi sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten berada pada rentang 42.05-68.88 (Gambar 4). Berdasarkan kategori keberlanjutan Fauzi dan Anna (2005), nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi ekonomi sistem penyediaan air bersih berada pada kategori kurang berkelanjutan hingga cukup berkelanjutan.

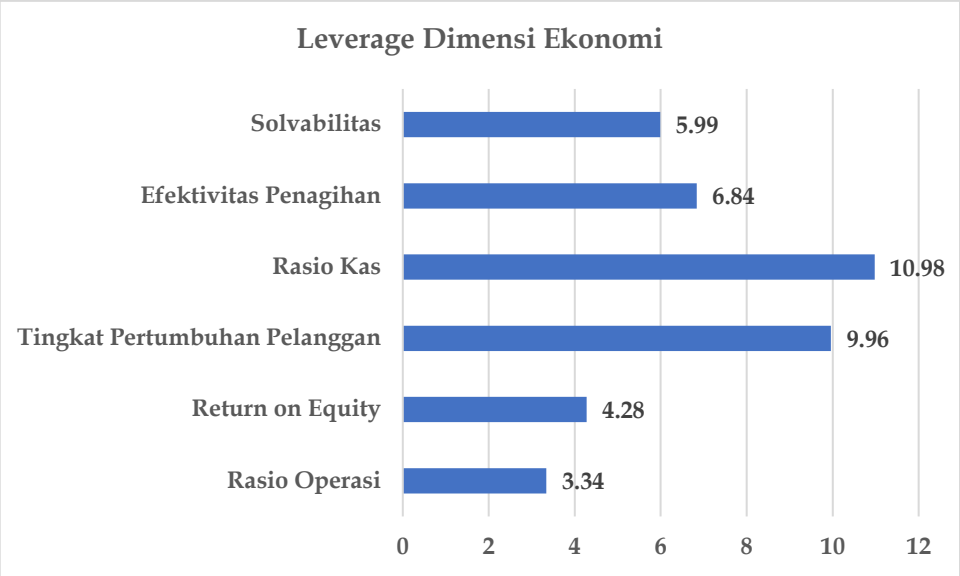


Gambar 4. Ordinasi *Multidimensional Scaling (MDS)* status keberlanjutan dimensi ekonomi pada enam penyelenggara pelayanan air minum di Provinsi Banten

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

Nilai indeks keberlanjutan tertinggi pada dimensi ekonomi diperoleh oleh Perseroda Pembangunan Investasi Tangerang Selatan (PITS) (BUMD Air Minum 6) sebesar 68,88, diikuti oleh PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (BUMD Air Minum 2) sebesar 54,07. Kedua penyelenggara tersebut menunjukkan kondisi ekonomi yang relatif lebih baik dibandingkan dengan unit lainnya. Sebaliknya, PERUMDAM Tirta Kalimaya Kabupaten Lebak (BUMD Air Minum 5) memperoleh nilai indeks terendah sebesar 42,05 dan termasuk dalam kategori kurang berkelanjutan. Perbedaan nilai indeks antarpenyelenggara menunjukkan adanya variasi kemampuan pengelola dalam mempertahankan keberlanjutan aspek ekonomi sistem penyediaan air minum, terutama terkait dengan kondisi finansial, efisiensi operasional, efektivitas pengelolaan pendapatan, serta kemampuan menjaga keberlangsungan pelayanan kepada pelanggan.

Berdasarkan grafik Leverage Dimensi Ekonomi, tiga atribut dengan nilai RMS terbesar yang menjadi faktor paling sensitif terhadap perubahan nilai indeks keberlanjutan adalah rasio kas dengan nilai RMS sebesar 10.98, tingkat pertumbuhan pelanggan sebesar 9.96, dan efektivitas penagihan sebesar 6.84 (Gambar 5). Atribut rasio kas menjadi faktor paling sensitif yang menunjukkan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air bersih sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengelola dalam menjaga kondisi likuiditas dan ketersediaan dana operasional. Kondisi keuangan yang stabil memungkinkan penyedia layanan memenuhi kebutuhan operasional, melakukan pemeliharaan infrastruktur, serta mendukung peningkatan kualitas pelayanan secara berkelanjutan (Putra *et al*., 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian Puspita dan Zevi (2024) yang menjelaskan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air minum berbasis masyarakat sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengelola dalam menjaga aspek pengelolaan finansial, keberlangsungan operasional, serta strategi peningkatan pelayanan kepada masyarakat.



Gambar 5. Sensitivitas enam atribut keberlanjutan dimensi ekonomi berdasarkan nilai RMS hasil analisis pengungkit (*leverage analysis*)

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

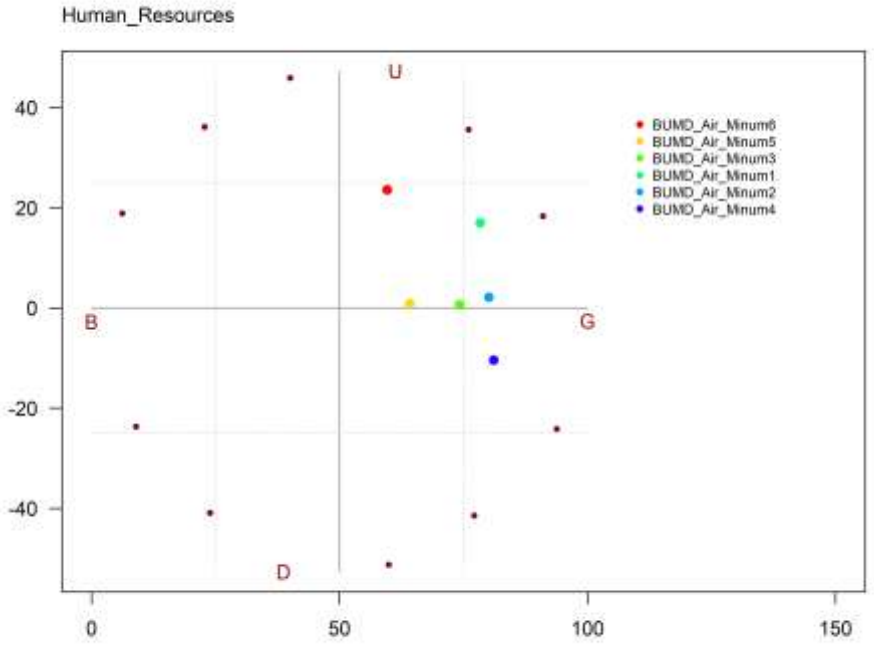
Tingkat pertumbuhan pelanggan sebagai atribut sensitif kedua menunjukkan bahwa peningkatan jumlah pelanggan berperan penting dalam mendukung keberlanjutan ekonomi melalui peningkatan pendapatan dan perluasan cakupan pelayanan air bersih. Sementara itu, efektivitas penagihan menjadi atribut penting karena berkaitan dengan kemampuan pengelola dalam mengoptimalkan penerimaan pendapatan dari layanan yang diberikan. Hasil ini menunjukkan bahwa aspek finansial, kapasitas pelayanan, dan pengelolaan pendapatan merupakan faktor utama dalam mendukung keberlanjutan ekonomi sistem penyediaan air bersih (Surya & Yasin, 2026). Temuan tersebut diperkuat oleh Suharyanto *et al*. (2025) yang menyatakan bahwa keberlanjutan pengelolaan sistem penyediaan air minum tidak hanya bergantung pada aspek teknis, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan kelembagaan dalam mengelola pembiayaan, pelayanan pelanggan, serta keberlanjutan operasional sistem. Oleh karena itu, peningkatan keberlanjutan dimensi ekonomi perlu diarahkan pada penguatan kondisi likuiditas, strategi peningkatan pelanggan, serta perbaikan efektivitas pengelolaan pembayaran pelanggan.

Dimensi Sumber Daya Manusia

Berdasarkan hasil pengolahan data MDS pada dimensi sumber daya manusia, nilai indeks keberlanjutan masing-masing penyelenggara air minum adalah Perumda Tirta Benteng Kota Tangerang (BUMD Air Minum 1) sebesar 78,35; PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (BUMD Air Minum 2) sebesar 80,08; Perumda Tirta Madani Kota Serang (BUMD Air Minum 3) sebesar 74,17; Perumda Tirta Albantani Kabupaten Serang (BUMD Air Minum 4) sebesar 81,05; PERUMDAM Tirta Kalimaya Kabupaten Lebak (BUMD Air Minum 5) sebesar 64,14; dan Perseroda Pembangunan Investasi Tangerang Selatan (PITS) (BUMD Air Minum 6) sebesar 59,60. Dengan demikian, indeks keberlanjutan dimensi sumber daya manusia berada pada rentang 59,60–81,05 (Gambar 6). Berdasarkan kriteria klasifikasi keberlanjutan Fauzi dan Anna (2005), nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi sumber daya manusia pada sistem penyediaan air minum berada dalam kategori cukup berkelanjutan hingga berkelanjutan.

Nilai indeks keberlanjutan tertinggi pada dimensi sumber daya manusia diperoleh oleh Perumda Tirta Albantani Kabupaten Serang (BUMD Air Minum 4) sebesar 81,05, diikuti oleh PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (BUMD Air Minum 2) sebesar 80,08. Kedua penyelenggara tersebut menunjukkan kondisi sumber daya manusia yang relatif lebih baik dibandingkan dengan unit lainnya. Sebaliknya, Perseroda Pembangunan Investasi Tangerang Selatan (PITS) (BUMD Air Minum 6) memperoleh nilai indeks terendah sebesar 59,60, tetapi masih termasuk dalam kategori cukup berkelanjutan. Perbedaan nilai indeks antarpenyelenggara menunjukkan adanya variasi kapasitas sumber daya manusia dalam mendukung keberlanjutan sistem penyediaan air minum, terutama terkait dengan ketersediaan tenaga kerja, kompetensi pegawai, kapasitas organisasi, serta kemampuan pengelola dalam menjalankan fungsi pelayanan secara efektif.

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura



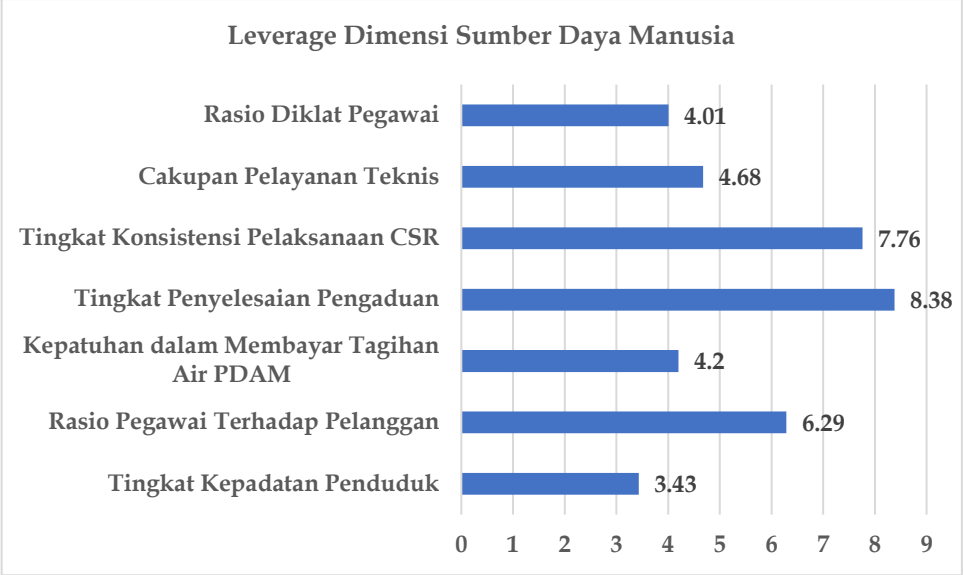
Gambar 6. Ordinasi *Multidimensional Scaling (MDS)* status keberlanjutan dimensi sumber daya manusia pada enam penyelenggara pelayanan air minum di Provinsi Banten

Berdasarkan hasil analisis leverage pada dimensi sumber daya manusia, terdapat tiga atribut yang memiliki pengaruh paling besar terhadap nilai indeks keberlanjutan, yaitu tingkat penyelesaian pengaduan dengan nilai RMS sebesar 8.38, tingkat konsistensi pelaksanaan CSR sebesar 7.76, dan rasio pegawai terhadap pelanggan sebesar 6.29 (Gambar 7). Atribut tingkat penyelesaian pengaduan menjadi faktor paling sensitif yang menunjukkan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air bersih sangat dipengaruhi oleh kemampuan organisasi dalam merespons kebutuhan dan keluhan pelanggan. Kecepatan serta efektivitas penyelesaian pengaduan mencerminkan kualitas sumber daya manusia dalam memberikan pelayanan publik yang responsif dan berorientasi pada kepuasan pelanggan (Mulyatna *et al*., 2024).

Tingkat konsistensi pelaksanaan CSR sebagai atribut sensitif kedua menunjukkan bahwa peran organisasi dalam membangun hubungan sosial dengan masyarakat turut memengaruhi keberlanjutan sistem penyediaan air bersih. Pelaksanaan CSR yang konsisten dapat memperkuat hubungan antara penyedia layanan dengan masyarakat serta mendukung penerimaan sosial terhadap pengelolaan sumber daya air. Sementara itu, rasio pegawai terhadap pelanggan menunjukkan bahwa ketersediaan sumber daya manusia yang memadai menjadi faktor penting dalam menjaga efektivitas operasional dan kualitas pelayanan. Hasil ini diperkuat oleh Fahmi *et al*. (2025) yang menyatakan bahwa keberlanjutan suatu sistem pengelolaan sumber daya tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis, tetapi juga oleh kapasitas organisasi, pengelolaan sumber daya manusia, serta kemampuan kelembagaan dalam mendukung keberlanjutan secara multidimensi.

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

Oleh karena itu, peningkatan keberlanjutan dimensi sumber daya manusia perlu diarahkan pada peningkatan kompetensi pegawai, penguatan sistem pelayanan pelanggan, serta optimalisasi kapasitas organisasi dalam memenuhi kebutuhan masyarakat.



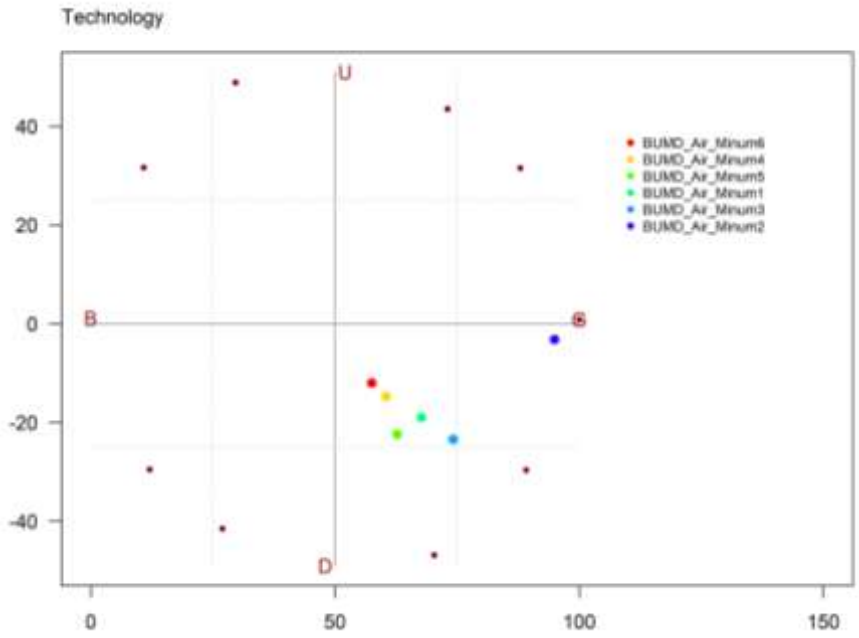
Gambar 7. Sensitivitas tujuh atribut keberlanjutan dimensi sumber daya manusia berdasarkan nilai RMS hasil analisis pengungkit (*leverage analysis*)

Dimensi Teknologi

Hasil analisis MDS menunjukkan bahwa nilai indeks keberlanjutan dimensi teknologi sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten berada pada rentang 57.50-94.93 (Gambar 6). Berdasarkan kategori keberlanjutan Fauzi dan Anna (2005), nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi teknologi sistem penyediaan air bersih berada pada kategori cukup berkelanjutan hingga sangat berkelanjutan.

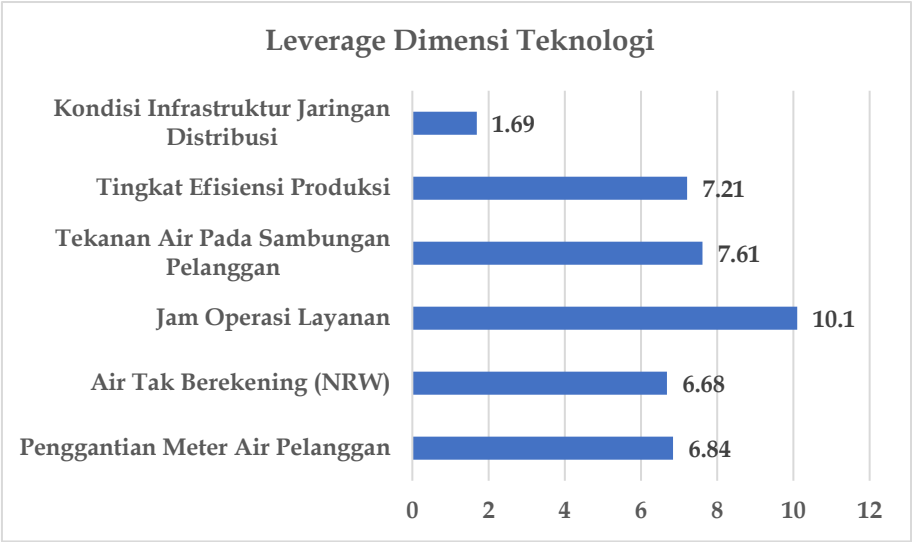
Nilai indeks keberlanjutan tertinggi pada dimensi teknologi diperoleh oleh PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (BUMD Air Minum 2) sebesar 94,93, diikuti oleh Perumda Tirta Madani Kota Serang (BUMD Air Minum 3) sebesar 74,18. Kedua penyelenggara tersebut menunjukkan tingkat keberlanjutan penerapan teknologi yang relatif lebih baik dibandingkan dengan unit lainnya. Sebaliknya, Perseroda Pembangunan Investasi Tangerang Selatan (PITS) (BUMD Air Minum 6) memperoleh nilai indeks terendah sebesar 57,50, tetapi masih termasuk dalam kategori cukup berkelanjutan. Perbedaan nilai indeks antarpenyelenggara menunjukkan adanya variasi kemampuan dalam menerapkan teknologi yang mendukung keberlanjutan sistem penyediaan air minum, terutama terkait dengan teknologi pengolahan air, efisiensi sistem distribusi, pengembangan infrastruktur, serta adaptasi teknologi untuk meningkatkan kualitas dan kontinuitas pelayanan kepada pelanggan.

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura



Gambar 8. Ordinasi *Multidimensional Scaling (MDS)* status keberlanjutan dimensi teknologi pada enam penyelenggara pelayanan air minum di Provinsi Banten

Berdasarkan hasil analisis leverage pada dimensi teknologi, terdapat tiga atribut yang memiliki pengaruh paling besar terhadap nilai indeks keberlanjutan, yaitu jam operasi layanan dengan nilai RMS sebesar 10.10, tekanan air pada sambungan pelanggan sebesar 7.61, dan tingkat efisiensi produksi sebesar 7.21 (**Gambar 9**).



Gambar 9. Sensitivitas enam atribut keberlanjutan dimensi teknologi berdasarkan nilai RMS hasil analisis pengungkit (*leverage analysis*).

Atribut jam operasi layanan menjadi faktor paling sensitif yang menunjukkan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air bersih sangat dipengaruhi oleh kemampuan teknologi dan infrastruktur dalam menjaga kontinuitas pelayanan kepada pelanggan. Ketersediaan layanan

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

selama waktu operasional yang optimal mencerminkan keandalan sistem produksi dan distribusi air dalam memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan (Taufik *et al*., 2025). Hasil ini sejalan dengan penelitian Yusuf *et al*. (2021) yang menjelaskan bahwa analisis keberlanjutan dengan pendekatan multidimensional mempertimbangkan berbagai atribut yang menggambarkan kemampuan suatu sistem dalam mempertahankan fungsi pelayanan dan keberlanjutan pengelolaannya.

Tekanan air pada sambungan pelanggan sebagai atribut sensitif kedua menunjukkan bahwa kualitas penerapan teknologi distribusi berperan penting dalam menjamin pemerataan dan keandalan pelayanan air bersih. Tekanan air yang sesuai standar menunjukkan efektivitas sistem jaringan distribusi dalam menyalurkan air hingga ke pelanggan (Septiyana *et al*., 2023). Sementara itu, tingkat efisiensi produksi menjadi faktor penting karena berkaitan dengan kemampuan teknologi pengolahan dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi kehilangan air, serta meningkatkan efisiensi operasional. Temuan ini diperkuat oleh Fahmi *et al*. (2025) yang menyatakan bahwa pendekatan multidimensional scaling dalam kajian keberlanjutan dapat digunakan untuk mengidentifikasi atribut sensitif yang memiliki pengaruh besar terhadap perubahan indeks keberlanjutan suatu sistem. Oleh karena itu, peningkatan keberlanjutan dimensi teknologi perlu diarahkan pada optimalisasi jam pelayanan, peningkatan kinerja jaringan distribusi, serta penerapan teknologi produksi yang lebih efisien untuk menjamin kontinuitas dan kualitas layanan air bersih.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis keberlanjutan menggunakan metode Multi Dimensional Scaling (MDS) dengan pendekatan Rapfish, dapat disimpulkan bahwa status keberlanjutan sistem penyediaan air bersih oleh BUMD Air Minum di Provinsi Banten memiliki tingkat keberlanjutan yang berbeda pada setiap dimensi. Dimensi ekologi menunjukkan kondisi kurang berkelanjutan hingga cukup berkelanjutan, dengan nilai indeks berada pada rentang 38.69-73.72, sedangkan dimensi ekonomi berada pada kategori kurang berkelanjutan hingga cukup berkelanjutan dengan rentang nilai indeks 42.05-68.88. Dimensi sumber daya manusia menunjukkan kondisi yang relatif lebih baik dengan kategori cukup berkelanjutan hingga berkelanjutan pada rentang 59.60-81.05, sementara dimensi teknologi memiliki tingkat keberlanjutan tertinggi dengan rentang indeks 57.50-94.93 yang berada pada kategori cukup berkelanjutan hingga berkelanjutan.

Hasil analisis leverage menunjukkan bahwa keberlanjutan sistem penyediaan air bersih dipengaruhi oleh atribut-atribut kunci pada masing-masing dimensi. Pada dimensi ekologi, atribut paling sensitif adalah kualitas air pelanggan, koefisien regim sungai, dan penutupan lahan oleh vegetasi. Pada dimensi ekonomi, atribut utama yang berpengaruh adalah rasio kas, tingkat pertumbuhan pelanggan, dan efektivitas penagihan. Dimensi sumber daya manusia dipengaruhi terutama oleh tingkat penyelesaian pengaduan, konsistensi pelaksanaan CSR, dan rasio pegawai

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

terhadap pelanggan, sedangkan dimensi teknologi dipengaruhi oleh jam operasi layanan, tekanan air pada sambungan pelanggan, dan tingkat efisiensi produksi. Oleh karena itu, peningkatan keberlanjutan sistem penyediaan air bersih di Provinsi Banten perlu dilakukan secara terpadu melalui penguatan konservasi sumber air, peningkatan kinerja finansial, pengembangan kapasitas sumber daya manusia, serta optimalisasi penerapan teknologi untuk menjamin kualitas, kontinuitas, dan keberlanjutan pelayanan air bersih kepada masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Sekolah Pascasarjana IPB University, seluruh BUMD Air Minum di Provinsi Banten yang menjadi lokasi penelitian, serta pihak-pihak terkait yang telah mendukung proses pengumpulan, pengolahan, dan verifikasi data penelitian. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (BPS). 2025. Provinsi Banten Dalam Angka 2025. Serang: Badan Pusat Statistik Provinsi Banten.

Bakeri, S., Yanuar, J.P., Riani, E., & Sutjahjo, S. 2012. Analisis MDS (Multi Dimensional Scaling) untuk keberlanjutan pengelolaan air lintas wilayah studi kasus DKI Jakarta. Jurnal Teknik Lingkungan, 13(1): 13-23. https://doi.org/10.29122/jtl.v13i1.1401

Dewi, R.C., Hidayat, Y., & Suheri, A. 2023. Status keberlanjutan penyediaan air Sub DAS Cikeruh, bagian hulu DAS Citarum, Jawa Barat. Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan, 7(3): 268-284. https://doi.org/10.36813/jplb.7.3.268-284

Direktorat Air Minum. 2024. Buku Kinerja Badan Usaha Milik Daerah Air Minum Tahun 2024. Jakarta: Direktorat Air Minum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Fahmi, K., Badriyah, N., & Kartikaningsih, H. 2025. Sustainability assessment through multidimensional scaling. The Journal of Indonesia Sustainable Development Planning, 6(3): 496-510. https://doi.org/10.46456/jisdep.v6i3.833

Fauzi, A., & Anna, S. 2005. Pemodelan Sumber Daya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan. Jakarta: Gramedia Pustaka.

Harvianna, S., & Bayangkara, I.D. 2025. Mengukur nilai manfaat program CSR PDAM Surabaya dengan pendekatan SROI. Jurnal Ilmiah Akuntansi Keuangan dan Bisnis, 5(2): 236-248. https://doi.org/10.36490/value.v5i2.1488

Imran, R. 2023. Status Keberlanjutan Pengelolaan Sungai Solomeronde untuk Penyediaan Air Minum di Kabupaten Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

Mulyatna, L., Asdak, C., Gunawan, B., & Yustiani, Y.M. 2024. Sustainability analysis of domestic raw water supply in Bandung City of Indonesia. Geomatics and Environmental Engineering, 18(2): 5-20. https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.2.5

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura

Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Nomor P.04/V-SET/2009 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2024 tentang Organ dan Kepegawaian Badan Usaha Milik Daerah Air Minum.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum.

Puspita, T.M.D., & Zevi, Y. 2024. Analisis keberlanjutan dan strategi pengelolaan sistem penyediaan air minum berbasis masyarakat di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Jurnal Serambi Engineering.

Putra, A.A., Ekaputra, E.G., & Rasyidin, A. 2021. Analysis of water resources sustainability in the Batang Kuranji Basin, Padang with the Nedbør Afstrømnings Model (NAM). Procedia of Engineering and Life Science, 1(2). https://doi.org/10.21070/pels.v1i2.959

Septiyana, D., Rahman, M.A., Ariff, T.F., Sukindar, N.A., & Adesta, E.Y.T. 2023. Enhancing water sustainability index assessment through risk management, IoT, and artificial intelligence in water operation: A review. Water Conservation and Management, 7(2): 97-106. https://doi.org/10.26480/wcm.02.2023.97.106

Suharyanto, S., Wulandari, D.A., & Saputra, R.W. 2025. Kajian pengelolaan air minum PAMSIMAS berkelanjutan dengan metode Rapfish di wilayah Kecamatan Banyumanik Kota Semarang. Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia, 10(10). https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v10i10.61798

Suharyanto, S., Wulandari, D.A., & Saputra, R.W. 2025. Study on sustainable PAMSIMAS drinking water management using the Rapfish method in Tembalang District, Semarang City. Asian Journal of Engineering, Social and Health, 4(8). https://doi.org/10.46799/ajesh.v4i8.600

Surya, R.A., & Yasin, A. 2026. Integrated analysis of water quality and sustainability status for raw water supply management in Lasolo River, North Konawe, Southeast Sulawesi. Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences: 881-893. https://doi.org/10.22194/JGIAS/26.1568

Taufik, I., Pirngadi, B.H., & Apriliani, K.B. 2025. Analisis keberlanjutan program pengembangan sistem air minum dan pengelolaan air limbah di Provinsi Banten. Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, 8(2): 4313-4325. https://doi.org/10.31004/jrpp.v8i2.44582

Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air.

Wiriani, E.R., Syarifuddin, H., & Jalius. 2018. Analisis kualitas air Sungai Batanghari berkelanjutan di Kota Jambi. Khazanah Intelektual, 2(2): 219-241. https://doi.org/10.37250/newkiki.v2i2.26

Yusuf, M., Wijaya, M., Surya, R.A., & Taufik, I. 2021. MDS-RAPS Teknik Analisis Keberlanjutan. Makassar: Tohar Media.

e-ISSN : 2746 – 7155
p-ISSN : 1978 – 4996
®2026 Jurusan Kehutanan Universitas Pattimura