

Pendekatan *Multidimensinal Scaling* dalam Menilai Keberlanjutan pada Proyek Pembangunan Bendungan Manikin di Kabupaten Kupang

Gregorius Paus Usboko^{1*)}, Godelfridus Alfred Abani²⁾, Azarya Bees³⁾,
Laurensius Lulu⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)} Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira

Email: gregoriususboko2505@mail.com^{1*)}, godel06abani@gmail.com²⁾,
azaryabees@unwira.ac.id³⁾, lululaurensius@gmail.com⁴⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v16i1.1332>

(Received: 10 November 2025 / Revised: 17 November 2025 / Accepted: 04 February 2026)

Abstrak

Pembangunan Bendungan Manikin merupakan langkah strategis nasional untuk meningkatkan ketahanan air di Pulau Timor yang rawan kekeringan berkepanjangan. Penelitian ini bertujuan menilai tingkat keberlanjutan proyek bendungan Manikin di Kabupaten Kupang menggunakan pendekatan *Multidimensional Scaling* (MDS). Evaluasi dilakukan terhadap lima dimensi keberlanjutan yaitu ekologi, ekonomi, sosial, teknologi dan kelembagaan. Data diperoleh melalui survei lapangan, wawancara stakeholder terkait, serta penilaian atribut keberlanjutan yang relevan dengan kondisi regional. Hasil analisis menunjukkan bahwa proyek pembangunan Bendungan Manikin berada pada kategori cukup berkelanjutan dengan indeks multidimensi sebesar 54,76. Dimensi ekologi, ekonomi dan sosial menunjukkan kinerja relatif lebih baik, sedangkan dimensi teknologi dan kelembagaan menjadi aspek paling sensitif dan memerlukan perhatian khusus. Temuan ini menegaskan bahwa metode MDS efektif sebagai alat evaluasi keberlanjutan proyek infrastruktur yang masih dalam tahapan konstruksi untuk mendukung pengambilan keputusan adaptif.

Kata Kunci: *Pulau Timor, Bendungan Manikin, Keberlanjutan, Multidimensional Scaling, Ketahanan Air*

Abstract

The construction of the Manikin Dam is a national strategic project aimed at enhancing water resilience on Timor Island, a region highly vulnerable to prolonged droughts. This study evaluates the sustainability level of the Manikin Dam project in Kupang Regency using a *Multidimensional Scaling* (MDS) approach. The assessment covers five sustainability dimensions: ecological, economic, social, technological, and institutional. Data were collected through field surveys, stakeholder interviews, and the evaluation of sustainability attributes relevant to regional drought conditions. The results indicate that the Manikin Dam project falls into the moderately sustainable category, with a multidimensional sustainability index of 54.76. The ecological, economic, and social dimensions show relatively better performance, while the technological and institutional dimensions are the most sensitive and require priority improvement. These findings confirm that MDS is an effective tool for evaluating the sustainability of infrastructure projects during the construction phase to support adaptive and informed decision-making.

Keywords: *Timor Island, Manikin Dam, Sustainability, Multidimensional Scaling, Water Resilience*

1. Latar Belakang

Pulau Timor terkhususnya Kabupaten Kupang dan Kota Kupang merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kekeringan tertinggi di Indonesia, ditandai oleh iklim semi-arid, curah hujan rendah, dan variabilitas iklim ekstrim akibat fenomena ENSO (Meteorologi and Geofisika, 2026). Kondisi ini menyebabkan defisit air tahunan yang berdampak pada ketersediaan air baku, pertanian dan kehidupan air sosial-ekonomi Masyarakat (Pratama *et al.*, 2022)(Supranto. *et al.*, 2025).

Data Klimatologis menunjukkan bahwa kabupaten Kupang mengalami kondisi ‘Amat Sangat Kering’ mencapai 48,36% dari siklus tahunan, sedangkan kota Kupang pernah mencatat nilai SPI-12 ekstrem -3,76 dan 94 hari tanpa hujan (Sri *et al.*, 2023). Hal ini menegaskan perlunya infrastruktur berskala besar untuk meningkatkan ketahanan air (Jocom *et al.*, 2016).

Sebagai respon, pemerintah melaksanakan berbagai Proyek Strategis Nasional (PSN) seperti bendungan Reknamo, Temef, Manikin, yang bertujuan meningkatkan pasokan air baku serta memperkuat irigasi di wilayah Pulau Timor (Permen PUPR., 2025). Namun keberlanjutan proyek tidak hanya ditentukan secara teknis, melainkan juga dari perspektif lingkungan, sosial dan ekonomi.

Namun demikian, menilai suatu proyek (*on going*) merupakan tantangan tersendiri. Pada tahap ini, data belum sepenuhnya final, beberapa indikator masih berubah, dan dampak jangka panjang masih belum terlihat. Oleh karena itu dibutuhkan metode evaluasi yang bersifat fleksibel, adaptif dan mampu memetakan potensi masalah sejak awal. Dengan metode *multidimensional scaling* menjadi sangat penting digunakan untuk proyek yang berjalan karena mampu mengolah data parsial dan tidak lengkap sehingga ideal untuk proyek yang belum selesai (Kavanagh. *et al.*, 2004), memberikan gambaran posisi keberlanjutan secara cepat sehingga dapat dimanfaatkan untuk *early warning* dan pengambilan keputusan saat konstruksi berlangsung (Pengambilan *et al.*, 2021)(Hartono *et al.*, 2005), mengidentifikasi indikator paling sensitif (*leverage analysis*) yang perlu diprioritaskan dalam perbaikan desain atau pengelolaan proyek, cocok untuk proyek infrastruktur besar dengan banyak dimensi dan pemangku kepentingan (Buzási and Jäger, 2020) dan bersifat komparatif sehingga dapat digunakan untuk menilai kecenderungan keberlanjutan dari tahun ke tahun selama proyek masih *on-going*.

Dengan demikian, penerapan *multidimensional scaling* pada proyek bendungan manikin untuk mengidentifikasi posisi keberlanjutan proyek secara komprehensif serta menentukan dimensi dan atribut yang paling sensitif terhadap perubahan kebijakan dan kondisi lapangan.(Hadimuljono, 2017). Secara rinci tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi aspek keberlanjutan, menilai keberlanjutan dengan pendekatan *Multidimensional Scaling*.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif dengan metode *multidimensional scaling* untuk menilai tingkat keberlanjutan pembangunan bendungan Manikin. Pendekatan multidimensi dilakukan dengan menilai lima dimensi utama keberlanjutan secara paralel yaitu dimensi ekologi, dimensi ekonomi, dimensi sosial, dimensi intitusional dan dimensi teknologi atau infrastruktur. Setiap dimensi memiliki setiap atribut yang dibandingkan dengan

analisis secara simultan dalam model *Multidimensional Scaling*. (Nirwansyah and Kusmana, 2020)

2.2 Sumber dan Jenis Data

Data Primer terdiri data survey lapangan pada area konstruksi, Wawancara dengan PPK, Kontraktor dan Masyarakat dan kuesioner atribut keberlanjutan. Sedangkan Data Sekunder terdiri dari data AMDAL / UKL-UPL, dokumen teknis bangunan, data pembangunan kabupaten kupang dan nasional, regulasi terkait dan studi literatur (Ummah, 2019).

2.3 Penentuan Atribut dan Skoring *Multidimensional Scaling*

Penilaian keberlanjutan dilakukan dengan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) yang diadaptasi dari pendekatan RAPPFISH. Setiap dimensi keberlanjutan direpresentasikan oleh sejumlah atribut yang dinilai berdasarkan kondisi aktual pembangunan bendungan Manikin. Daftar Atribut tiap dimensi disajikan pada Tabel 1

Tabel 1 Atribut Keberlanjutan per Dimensi

Dimensi	Atribut
Ekologi	Ketersediaan air baku, sedimentasi bendungan, stabilitas lereng
Ekonomi	Efisiensi biaya konstruksi, Manfaat ekonomi regional, Penyerapan tenaga kerja
Sosial	Penerimaan Masyarakat, Konflik Lahan, Dampak Sosial
Teknologi	Sistem monitoring, Kesiapan SOP, Teknologi operasi
Kelembagaan	Kapasitas pengelola, Pendanaan jangka panjang

Setiap atribut diberi skor ordinal 0-4 (buruk-sangat baik) berdasarkan hasil survei lapangan, wawancara dan dokumen teknis.

2.4 Responden dan Expert Judgment

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan kuesioner terhadap 15 reponden yang terdiri dari PPK, Konsultan supervisi, Kontraktor, Pemerintah Daerah dan Perwakilan Masyarakat terdampak. Validasi atribut dan skoring dilakukan melalui expert judgment oleh tiga pakar di bidang sumber daya air dan manajemen konstruksi.

2.5 Kerangka Pikir Penelitian

Proses diawali dengan identifikasi permasalahan penelitian terkait kebutuhan evaluasi keberlanjutan pada proyek bendungan yang masih dalam tahap konstruksi, dilanjutkan dengan studi literatur mengenai konsep keberlanjutan, metode MDS dan penelitian terdahulu. Selanjutnya dilakukan penentuan dimensi dan atribut berkelanjutan yang mencakup aspek lingkungan, ekonomi, sosial, teknologi dan kelembagaan yang kemudian divalidasi melalui expert judgment. Tahap berikutnya meliputi pengumpulan data lapangan, normalisasi dan skoring atribut serta analisis MDS yang menghasilkan indeks keberlanjutan, grafik ordinasi dan pengujian kualitas model melalui nilai stress, koefisien determinasi dan simulasi Monte Carlo. Proses diakhiri dengan analisis sensitivitas (leverage) untuk mengidentifikasi atribut paling berpengaruh serta interpretasi hasil sebagai dasar penyusunan

rekomendasi teknis dan kebijakan guna meningkatkan keberlanjutan pembangunan bendungan Manikin.

2.6 Analisis *Multidimensional Scaling*

Analisis *Multidimensional Scaling* dilakukan dengan mencari posisi keberlanjutan dari dimensi-dimensi keberlanjutan secara simultan. Hasilnya berupa grafik ordinasi lima dimensi, indeks keberlanjutan per dimensi, synthesis indeks keberlanjutan keseluruhan proyek (Siregar, 2025)(Fadilah *et al.*, 2021).

Tujuannya merepresentasikan hubungan antar objek dalam ruang berdimensi rendah sehingga pola keberlanjutan proyek dapat diinterpretasikan secara visual dan numerik. Data input berupa skor ordinal atribut keberlanjutan yang telah dinormalisasi, kemudian dihitung jarak antar objek menggunakan jarak euclidean (Dima dkk, 2024). Secara sistematis jarak antar objek ke-*i* dan ke-*j* dirumuskan sebagai berikut:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (1)$$

di mana d_{ij} adalah jarak antar objek x_{ik} dan x_{jk} merupakan² nilai atribut ke *k* dan *p* Adalah jumlah atribut yang dianalisis. Proses MDS selanjutnya melakukan ordinasi dengan meminimalkan fungsi stress yang menggambarkan tingkat kesalahan antara jarak asli dan jarak hasil pemetaan dalam ruang ordinasi (Rande, 2024) dengan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{\sum (d_{ij} - d_{ij}')^2}{\sum d_{ij}^2}} \quad (2)$$

Nilai stress yang lebih kecil dari 0,25 menunjukkan bahwa model MDS memiliki tingkat ketepatan yang dapat diterima. Selain kualitas representasi model dievaluasi menggunakan koefisien determinasi (R^2) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (d_{ij} - d_{ij}')^2}{\sum d_{ij}^2} \quad (3)$$

Nilai R^2 yang mendekati 1 menandakan bahwa hasil ordinasi mampu merepresentasikan struktur data secara baik. Indeks keberlanjutan kemudian ditransformasikan kedalam skala 0-100 untuk mengklasifikasikan tingkat keberlanjutan proyek (Suprijanto, Khusaini and Efani, 2025). Untuk menguji stabilitas hasil analisis, dilakukan simulasi Monte carlo dengan sejumlah iterasi tertentu sedangkan identifikasi atribut yang paling sensitif terhadap perubahan indeks keberlanjutan dilakukan melalui analisis leverage menggunakan Root Mean Square (RMS). Melalui tahapan ini, MDS mampu memberikan gambaran komperhensif mengenai posisi keberlanjutan pembangunan bendungan manikin serta dasar dalam penentuan prioritas perbaikan teknis dan kelembagaan selama fase konstruksi.

2.7 Validasi Model

Tujuannya adalah memastikan keakuratan pemetaan, mengukur tingkat kesalahan model, menilai stabilitas model, mengidentifikasi atribut sensitif secara

benar, memastikan interpretasi indeks keberlanjutan dapat dipercaya. Berikut beberapa keterangan validasi model dari tahapannya sebagai berikut:

- Stress value < 0.25 → Model layak
- $R^2 > 0.90$ → Representasi Data Baik
- Monte Carlo → Menguji Ketidakpastian dan Stabilitas (Lamont *et al.*, 2022)

2.8 Output Akhir

Output akhir dari analisis MDS berupa indeks keberlanjutan tiap dimensi, grafik ordinasasi multidimensi, sensitifitas atribut (leverage) dan rekomendasi kebijakan sebagai berikut:

1. Indeks Keberlanjutan Tiap Dimensi

Output akhir analisis MDS dalam penelitian ini berupa seperangkat indikator kuantitatif dan visual yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat keberlanjutan pembangunan bendungan manikin secara komperhensif. Output utama adalah indeks keberlanjutan pada masing-masing dimensi yaitu ekologi, ekonomi, sosial dan kelembagaan yang dinyatakan dalam skala 0-100. Indeks ini digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat keberlanjutan, kurang berkelanjutan, cukup berkelanjutan atau sangat berkelanjutan sehingga memudahkan interpretasi kondisi berkelanjutan setiap dimensi.

2. Grafik Ordinasasi Multidimensi

Grafik ini memberikan representasi visual mengenai hubungan antar dimensi berkelanjutan serta menunjukkan dimensi yang memiliki kedekatan atau perbedaan signifikan dalam kinerja keberlanjutan proyek. Kualitas grafik ordinasasi ini divalidasi melalui nilai stress dan koefisien determinasi (R^2) untuk memastikan tingkat akurasi dan keandalan pemetaan.

3. Sensivitas Atribut (Leverage)

Analisis sensitivitas sebagai output ketiga untuk mengidentifikasi atribut keberlanjutan yang paling berpengaruh terhadap perubahan indeks keberlanjutan. Atribut dengan nilai RMS tertinggi menunjukkan faktor kritis yang perlu diprioritaskan dalam perbaikan desain, pengelolaan, dan kebijakan proyek. Output berikut adalah simulasi monte carlo yang digunakan untuk menguji stabilitas dan ketidakpastian model MDS terhadap variasi data input, sehingga memastikan bahwa indeks keberlanjutan yang dihasilkan bersifat konsisten dan dapat dipercaya.

4. Rekomendasi Kebijakan dan Teknis untuk Proyek Bendungan Manikin

Keseluruhan output menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi teknis dan kebijakan, guna meningkatkan keberlanjutan pembangunan bendungan manikin selama fase konstruksi dan menuju tahap operasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Indeks Keberlanjutan Pembangunan Bendungan Manikin

Analisis status keberlanjutan pembangunan Bendungan Manikin dilakukan menggunakan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) dengan pendekatan RAPFISH. Tahapan analisis diawali dengan pemberian skor terhadap atribut-atribut keberlanjutan pada masing-masing dimensi, yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, infrastruktur, dan kelembagaan. Skor atribut tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan teknik ordinasasi MDS untuk memperoleh posisi relatif sistem pada ruang keberlanjutan.

Hasil ordinasi MDS kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk indeks keberlanjutan dengan skala 0–100, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat keberlanjutan yang lebih baik. Nilai indeks tersebut selanjutnya diklasifikasikan ke dalam empat kategori status keberlanjutan, yaitu *tidak berkelanjutan* (0–25), *kurang berkelanjutan* (25–50), *cukup berkelanjutan* (50–75), dan *sangat berkelanjutan* (75–100), sesuai dengan kriteria dalam pendekatan RAPFISH (Pitcher dan Preikshot, 2001).

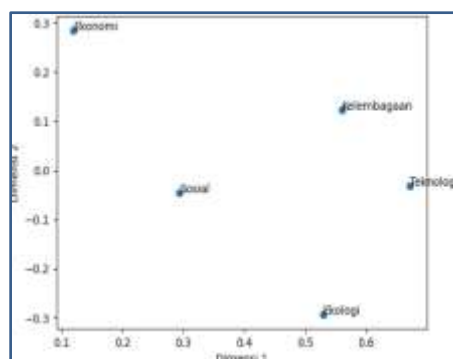
Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai indeks keberlanjutan multidimensi sebesar 54,76, yang berada pada rentang 50–75, sehingga status keberlanjutan pembangunan Bendungan Manikin dikategorikan cukup berkelanjutan (Tabel 2). Secara parsial, dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial masing-masing menunjukkan nilai indeks sebesar 56,7, 62,3, dan 58,1, yang termasuk kategori cukup berkelanjutan. Sementara itu, dimensi infrastruktur dan kelembagaan memiliki nilai indeks masing-masing sebesar 49,5 dan 47,2, yang termasuk kategori kurang berkelanjutan. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun secara agregat pembangunan Bendungan Manikin berada pada tingkat keberlanjutan yang cukup, masih terdapat dimensi tertentu yang memerlukan peningkatan agar keberlanjutan pembangunan dapat dicapai secara lebih optimal.

Tabel 2 Nilai Indeks Keberlanjutan

Dimensi	Indeks Keberlanjutan	Kategori
Ekologi	56,7	Cukup Berkelanjutan
Ekonomi	62,3	Cukup Berkelanjutan
Sosial	58,1	Cukup Berkelanjutan
Infrastruktur	49,5	Kurang Berkelanjutan
Kelembagaan	47,2	Kurang Berkelanjutan
Multidimensi	54,76	Cukup Berkelanjutan

3.2 Grafik Ordinasi MDS

Semua dimensi telah telah memenuhi ketentuan nilai *stress* di bawah 0,25 dengan rata-rata 0,12 (kategori baik) serta nilai R^2 mendekati 1 yakni 0,94 (kualitas model sangat baik), dan telah mencerminkan *Goodness of fit* sehingga hasil analisa dianggap cukup akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 1 Grafik Ordinasi Multidimensional Scaling (MDS) Keberlanjutan Bendungan Manikin dengan Nilai *stress* 0,12 dan R^2 sebesar 0,94

Gambar 1 memperlihatkan grafik ordinasasi MDS yang menggambarkan posisi relatif masing-masing dimensi keberlanjutan berdasarkan kemiripan atributnya. Dimensi ekologi, ekonomi dan sosial cenderung berada pada posisi yang saling berdekatan yang menunjukkan tingkat keberlanjutan yang relatif serupa dan cukup baik. Kedekatan ini mengindikasikan bahwa ketiga dimensi terkait saling mendukung dalam konteks pembangunan bendungan Manikin.

Sebaliknya dimensi teknologi dan kelembagaan terletak lebih jauh dari kelompok utama yang mencerminkan adanya kesenjangan kinerja keberlanjutan dibandingkan dimensi lainnya. Nilai *stress* sebesar 0.12 dan koefisien determinasi sebesar 0.94 menunjukkan bahwa hasil ordinasasi memiliki tingkat kesalahan yang rendah dan kualitas representasi data yang sangat baik. Dengan demikian grafik ordinasasi ini dapat diinterpretasikan secara andal untuk mengidentifikasi dimensi yang memerlukan prioritas perbaikan dalam pengelolaan proyek bendungan.

Grafik *Multidimensional scaling* menggambarkan posisi relatif lima dimensi keberlanjutan berdasarkan kemiripan atributnya, di mana dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial berada berdekatan dibagian atas grafik yang menunjukkan kondisi keberlanjutan yang cukup baik dan relatif serupa. Sebaliknya dimensi teknologi dan kelembagaan terletak lebih jauh di bawah grafik mengindikasikan performa keberlanjutan yang lebih rendah dan perbedaan signifikan dibandingkan dimensi lainnya.



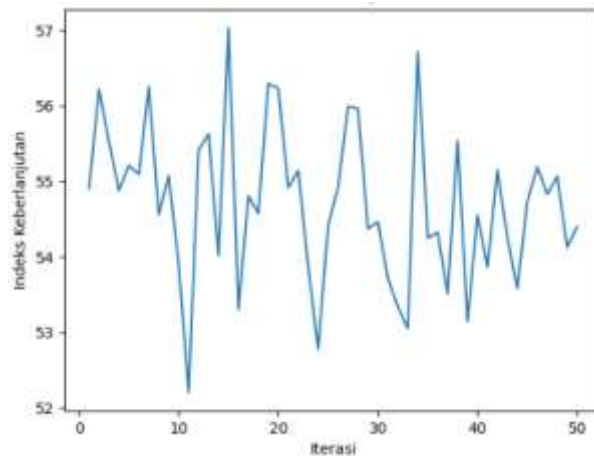
Gambar 2 Diagram Sensifitas Lima Dimensi Keberlanjutan Pembangunan Bendungan Manikin

Gambar 2 memperlihatkan diagram yang menggambarkan tingkat sensitivitas relatif masing-masing dimensi keberlanjutan terhadap indeks keberlanjutan pembangunan Bendungan Manikin. Panjang vektor pada setiap dimensi menunjukkan besarnya pengaruh dimensi tersebut terhadap perubahan nilai indeks keberlanjutan.

Dimensi ekonomi, sosial, dan ekologi menunjukkan kontribusi yang relatif lebih tinggi dibandingkan dimensi teknologi dan kelembagaan. Namun demikian, nilai yang lebih rendah pada dimensi teknologi dan kelembagaan mengindikasikan bahwa kedua dimensi tersebut masih menjadi faktor pembatas dalam pencapaian keberlanjutan proyek, sehingga memerlukan prioritas perbaikan melalui penguatan aspek teknis dan kelembagaan

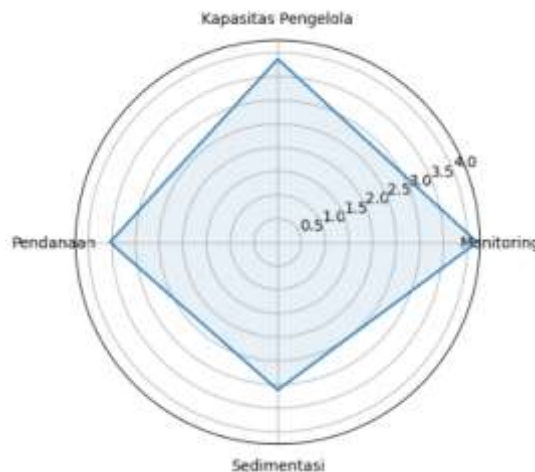
3.3 Sensitivitas Atribut

Identifikasi Atribut keberlanjutan dan analisis monte carlo dapat ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3 Hasil analisis monte carlo dengan tingkat kepercayaan 95% terhadap indeks keberlanjutan bendungan Manikin

Gambar 3 menunjukkan hasil Monte Carlo yang digunakan untuk menguji stabilitas dan ketidakpastian model MDS terhadap variasi data. Grafik tersebut memperlihatkan fluktuasi nilai indeks keberlanjutan disekitar nilai rata-rata 54.76 pada tingkat kepercayaan 95%. Penyimpangan nilai indeks yang relatif kecil menunjukkan bahwa hasil analisis MDS bersifat stabil dan tidak sensitif terhadap perubahan acak pada data input. Hasil ini mengindikasikan bahwa model MDS yang digunakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi keberlanjutan pembangunan bendungan manikin. Dengan demikian indeks keberlanjutan yang dihasilkan dapat dipercaya untuk mendukung pengambilan keputusan teknis dan kebijakan, khususnya dalam upaya peningkatan keberlanjutan proyek selama fase konstruksi.



Gambar 4 Kite Diagram sensitivitas atribut (leverage factor) berdasarkan nilai Root Mean Square (RMS) perubahan ordinasi MDS

Analisis *leverage* dilakukan untuk mengidentifikasi atribut yang paling sensitif terhadap perubahan indeks keberlanjutan. Sensitivitas diukur menggunakan nilai *Root Mean Square* (RMS) perubahan ordinasi ketika suatu atribut dieliminasi dari model MDS.

Hasil analisis menunjukkan bahwa atribut dengan tingkat sensitivitas tertinggi adalah sistem monitoring (RMS = 4,21), kapasitas pengelolaan bendungan (RMS = 3,87), pendanaan jangka panjang (RMS = 3,54) dan sedimentasi waduk (RMS = 3,12). Atribut-atribut tersebut ditampilkan dalam bentuk kite diagram (Gambar 3.3) yang menunjukkan besarnya kontribusi relatif masing-masing atribut terhadap indeks keberlanjutan.

Tingginya sensitivitas atribut teknologi dan kelembagaan mengidentifikasi bahwa perbaikan pada aspek tersebut akan memberikan dampak paling signifikan terhadap peningkatan keberlanjutan pembangunan bendungan Manikin.

3.4 Rekomendasi Kebijakan Teknis

Berdasarkan grafik nilai MDS, nilai ordinasi dan analisis sensitivitas, berikut rekomendasi teknis yang perlu diimplementasikan pada proyek Bendungan Manikin:

1. Akselerasi sistem monitoring konstruksi misalnya penguatan inspeksi harian dan mingguan oleh konsultan supervisi.
2. Penguatan manajemen proyek dan kelembagaan pada masa konstruksi misalnya pembentukan task force koordinasi teknis antara kontraktor, PPK dan Balai Wilayah Sungai untuk mempercepat respon teknis.
3. Optimalisasi pengendalian sedimentasi selama konstruksi.
4. Peningkatan standar keselamatan konstruksi berdasarkan risiko hidrometeorologi.
5. Pemberdayaan masyarakat terdampak selama konstruksi misalnya melibatkan masyarakat lokal sebagai tenaga kerja non teknis untuk mengurangi resistensi sosial, penyediaan kompensasi sementara bagi wilayah terdampak aktivitas konstruksi dan program edukasi penggunaan air untuk irigasi dan penguatan kelompok tani sejak awal.
6. Persiapan teknologi operasional bendungan jauh sebelum fase operasi.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Pembangunan Bendungan Manikin dinilai berada pada kategori cukup berkelanjutan berdasarkan analisis Multidimensional Scaling (MDS) dengan lima dimensi evaluasi yakni ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial memperoleh nilai indeks di atas 56%, yang menandakan bahwa ketiga aspek tersebut telah berada pada tingkat cukup berkelanjutan, terutama karena manfaat langsung yang dirasakan masyarakat berupa suplai air baku dan dukungan pada sektor pertanian.

Dimensi teknologi dan kelembagaan menunjukkan nilai di bawah 50%, sehingga perlu mendapat perhatian khusus. Kelemahan ini mengindikasikan perlunya intervensi dalam peningkatan sistem monitoring, kesiapan operasional, serta penguatan kapasitas pengelola untuk memastikan keberlanjutan jangka panjang. Selain itu, konteks kekeringan berkepanjangan di Pulau Timor memperkuat urgensi peningkatan aspek teknologi dan kelembagaan agar Bendungan Manikin mampu beroperasi secara adaptif menghadapi variabilitas curah hujan yang ekstrem.

4.2 Saran

Bendungan Manikin saat ini masih berada dalam fase konstruksi, hasil kajian keberlanjutan memberikan manfaat strategis sebagai dasar pengambilan keputusan lebih awal. Temuan mengenai kekurangan pada dimensi teknologi dan kelembagaan dapat segera ditindaklanjuti sebelum proyek memasuki fase operasi, sehingga potensi risiko dapat diminimalkan sejak dini. Fase konstruksi memberikan peluang terbesar untuk melakukan penyesuaian pada desain sistem monitoring, penyusunan SOP operasional awal, dan pembentukan struktur kelembagaan yang kuat. Dengan demikian, intervensi kebijakan teknis dan penguatan kelembagaan menjadi kunci untuk memastikan bendungan ini benar-benar dapat menjawab permasalahan kekeringan struktural di wilayah tersebut.

Penelitian berikutnya diharapkan tidak hanya berfokus pada satu proyek seperti Bendungan Manikin, tetapi mengkaji pembangunan bendungan secara menyeluruh di Pulau Timor atau wilayah NTT untuk melihat keterkaitan antarbendungan, kondisi DAS, dampak sosial-ekonomi regional, serta sistem pengelolaan air terpadu secara lebih komprehensif. Pendekatan penelitian yang lebih luas akan memberikan gambaran yang lebih holistik terkait efektivitas infrastruktur pengairan dalam menghadapi kekeringan struktural, sehingga rekomendasi kebijakan dapat diarahkan tidak hanya pada tingkat proyek, tetapi juga pada skala wilayah, provinsi, maupun nasional. Selain itu diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk mengkaji keberlanjutan pada fase pemanfaatan pembangunan di bendungan Manikin.

Daftar Kepustakaan

- Buzási, A. and Jäger, B.S. (2020) 'District-scale assessment of urban sustainability', *Sustainable Cities and Society*, 62(June), p. 102388. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102388>.
- Dima and Mohamad, S. (2024) 'Reformasi Birokrasi', 4(1), pp. 58–68.
- Fadilah, S. *et al.* (2021) 'Multidimensional Scaling (MDS): Sustainability Assessment Model Of Community Economic', 24(2), pp. 119–135.
- Hadimuljono, M.B. (2017) 'Smart and sustainable', (August), pp. 1–2.)
- Hartono, T.T. *et al.* (2005) 'Pengembangan Teknik Rapid Appraisal for Fisheries (RAPFISH) untuk Penentuan Indikator Kinerja Perikanan Tangkap Berkelanjutan di Indonesia', VI(1), pp. 65–76.
- Jocom.I. *et al.* (2016) 'Air dan Konflik : Studi Kasus Kabupaten Timor Tengah Selatan', 14(1), pp. 51–61. Available at: <https://doi.org/10.14710/jil.14.1.51-61>.
- Kavanagh. *et al* (2004) 'Implementing Microsoft Excel Software For', 12(2).
- Lamont, T.A.C. *et al.* (2022) 'Multi-dimensional approaches to scaling up coral reef restoration', *Marine Policy*, 143(June), p. 105199. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105199>.
- M. *et al.* (2025) 'Undang-undang Kemen PUPR' 'jdih.pu.go.id', pp. 1–448.
- Meteorologi, B. and Geofisika, K.D.A.N. (2026) 'Prediksi musim hujan 2025/2026 di indonesia', (2).

- Nirwansyah, M. and Kusmana, C. (2020) 'Sekampung , Lampung The Analysis Of Sustainable Development Dam In Way', pp. 43–52.
- Pitcher, T.J., Preikshot, D. (2001) 'Rapfish : a rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries'. *FCRR* 8 (2), pp. 136-182
- Pratama. *et al.* (2022) 'Analisis Indeks Kekeringan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) Pendahuluan', 1(1), pp. 24–34.
- Rande, A. (2024) 'Analisis Multidimensional Scalling Terhadap Evaluasi Rencana Pascatambang Batubara'.
- Siregar, A.F. (2025) 'Analisis Multidimensional Scalling Untuk Keberlanjutan
- Supranto. *et al.* (2025) 'Statistik, Teori dan Aplikasi', 6(1), pp. 58–66.
- Suprijanto, I., Khusaini, M. and Efani, A. (2025) 'International Journal of Sustainable Development and Planning Sustainability Index Mapping for Green Building of Vertical Housing in Ibu Kota Nusantara (IKN) Using the Multidimensional Scalling (MDS) Approach', 20(7), pp. 2913–2924.
- Ummah, M.S. (2019) *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析*Title, *Sustainability (Switzerland)*.
- Yanti, A. *et al.* (2021) 'Pengambilan Keputusan Adaptif di Kementrian PU dalam Penanganan Bencana Banjir : Studi Kasus respon Infrastruktur Darurat di Gede Bage'. Universitas Muhamadyah Bandung