Journal Science Innovation and Technology (SINTECH) ISSN 2745-7214 (e)
Volume 7, Nomor 1 Bulan November 2026 Halaman : 25-35 DOI: 10.47701

Analisis Keberlanjutan Pengelolaan Taman Hutan Raya Ngurah Rai Provinsi Bali

Intan Noer Anissa[1*], I Dewa Putu Oka Suardi[2], I Ketut Surya Diarta [3]
[1,2,3] Magister Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana
Jl. PB Sudirman, Denpasar, Bali, Telp. 0361 - 255344
Corespondensi : intannoeranissa@gmail.com

Abstrak

Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai menghadapi tekanan lingkungan dan kebutuhan pemanfaatan kawasan yang memerlukan pengelolaan terpadu. Penelitian ini bertujuan menganalisis status keberlanjutan pengelolaan, mengidentifikasi indikator sensitif, dan menyusun skenario peningkatan pada aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan. Data dikumpulkan melalui kuesioner, wawancara mendalam, diskusi kelompok terarah, observasi, dan dokumentasi dengan melibatkan 20 informan yang dipilih secara purposif. Analisis menggunakan Multiaspect Sustainability Analysis (MSA) melalui perangkat lunak Exsimpro terhadap 27 indikator. Hasil menunjukkan rata-rata indeks keberlanjutan sebesar 77,75, termasuk kategori sangat berkelanjutan berdasarkan kriteria penelitian. Aspek sosial memperoleh indeks tertinggi sebesar 83,33, diikuti ekologi 81,25, ekonomi 75,00, dan kelembagaan 71,43. Selisih absolut indeks aktual dan hasil iterasi acak berkisar 0,84–3,13 poin, menunjukkan hasil yang relatif stabil terhadap prosedur pengacakan. Indikator paling sensitif meliputi tekanan pencemaran dan alih fungsi lahan pada aspek ekologi; pemanfaatan mangrove, pendapatan lain, dan inventarisasi pemanfaatan pada aspek ekonomi; pengetahuan masyarakat dan kearifan lokal pada aspek sosial; serta ketersediaan petugas pada aspek kelembagaan. Simulasi perbaikan indikator terpilih meningkatkan rata-rata indeks menjadi 85,27 pada Skenario 1 dan 92,78 pada Skenario 2. Berdasarkan rasio peningkatan sebesar 2,00, Skenario 2 menjadi prioritas dalam pemodelan, sedangkan Skenario 1 dapat menjadi tahap awal penerapan. Arah perbaikan mencakup pengendalian tekanan lingkungan, pemanfaatan sesuai fungsi konservasi, penguatan pengetahuan dan kearifan lokal, serta kapasitas petugas dan perencanaan pengelolaan. Hasil simulasi mencerminkan perubahan indeks berdasarkan asumsi perbaikan skor, sehingga penerapannya perlu disesuaikan dengan kondisi aktual dan sumber daya pengelola.
Kata kunci: keberlanjutan; mangrove; Tahura Ngurah Rai; MSA; skenario pengelolaan.

Abstract

Ngurah Rai Grand Forest Park faces environmental pressures and demands for resource use that require *integrated management. This study assessed management sustainability, identified sensitive attributes, and developed improvement scenarios across ecological, economic, social, and institutional aspects. Data were collected through questionnaires, in-depth interviews, focus group discussions, observation, and document review involving 20 purposively selected informants. Multiaspect Sustainability Analysis (MSA) was performed using Exsimpro software with 27 attributes. The mean sustainability index was 77.75, classified as highly sustainable according to the study criteria. The social aspect recorded the highest index (83.33), followed by ecological (81.25), economic (75.00), and institutional (71.43) aspects. Absolute differences between actual and random-iteration indices ranged from 0.84 to 3.13 points, indicating relatively stable results under the randomization procedure. The most sensitive attributes were pollution and land conversion pressures for ecology; mangrove utilization, other income, and utilization inventory for economics; community knowledge and local wisdom for the social aspect; and management and surveillance staff availability for the institutional aspect. Simulated improvements in selected attributes increased the mean index to 85.27 under Scenario 1 and 92.78 under Scenario 2. An improvement ratio of 2.00 supported prioritizing Scenario 2 within*

the model, with Scenario 1 serving as a potential initial implementation stage. Improvement directions include controlling environmental pressures, aligning resource use with conservation objectives, strengthening community knowledge and local wisdom, and enhancing staffing capacity and management planning. These simulated results reflect index changes under assumed attribute-score improvements; implementation therefore requires adjustment to actual conditions and available management resources.
Keywords: sustainability; mangroves; Ngurah Rai Grand Forest Park; MSA; management scenarios.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove memiliki peran ekologis dan ekonomi yang erat dengan kehidupan masyarakat pesisir. Selain menyediakan habitat bagi berbagai biota, mangrove mendukung sumber penghidupan masyarakat dan berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon. Arifanti et al. (2022) menunjukkan potensi konservasi dan restorasi mangrove di Indonesia dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Sahputra et al. (2022) juga menekankan pentingnya pengelolaan mangrove secara berkelanjutan untuk mempertahankan fungsi ekologis dan manfaat ekonominya bagi masyarakat pesisir. Keragaman fungsi tersebut menunjukkan bahwa penilaian keberlanjutan pengelolaan mangrove perlu mencakup kondisi ekosistem, manfaat ekonomi, hubungan sosial, dan dukungan kelembagaan.

Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai merupakan kawasan konservasi mangrove di wilayah Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Kedekatannya dengan permukiman, pusat kegiatan pariwisata, dan infrastruktur menempatkan kawasan ini dalam lingkungan pengelolaan yang kompleks. Partama et al. (2024) mengidentifikasi kerentanan ekosistem mangrove Tahura Ngurah Rai berdasarkan aspek fisik, biologi, dan antropogenik, termasuk tekanan yang berkaitan dengan aktivitas pembangunan dan pencemaran lingkungan. Sementara itu, Sutiarso et al. (2023) membahas keberadaan ekowisata mangrove Tahura Ngurah Rai dalam pembangunan kepariwisataan Bali. Kondisi tersebut memperlihatkan kebutuhan pengelolaan yang dapat mempertahankan fungsi konservasi sekaligus mengakomodasi pemanfaatan kawasan secara terkendali.

Penelitian mengenai kerentanan ekosistem dan pengembangan ekowisata memberikan informasi penting tentang kondisi serta tantangan pengelolaan Tahura Ngurah Rai. Temuan tersebut perlu dilengkapi dengan penilaian yang mengintegrasikan aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan untuk menggambarkan capaian keberlanjutan serta ruang perbaikannya. Penilaian antaraspek diperlukan agar kondisi vegetasi dapat dipahami bersama dengan manfaat kawasan bagi masyarakat, keterlibatan sosial, dan kemampuan kelembagaan dalam melaksanakan pengelolaan. Selain menilai kondisi eksisting, analisis juga perlu menyediakan dasar untuk menyusun alternatif perbaikan yang sesuai dengan persoalan kawasan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Multiaspect Sustainability Analysis* (MSA), yang mencakup penghitungan indeks keberlanjutan, identifikasi indikator sensitif, serta penyusunan dan perbandingan skenario berdasarkan perubahan skor indikator (Firmansyah, 2022). Analisis sensitivitas digunakan untuk mengidentifikasi indikator yang perubahan skornya menghasilkan perubahan relatif lebih besar pada indeks dalam model. Hasilnya dipertimbangkan bersama kondisi aktual dan ruang perbaikan indikator dalam penyusunan skenario. Kontribusi penelitian ini terletak pada penggabungan penilaian empat aspek, analisis sensitivitas, dan simulasi perbaikan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan prioritas pengelolaan Tahura Ngurah Rai.

Penelitian ini bertujuan menganalisis status keberlanjutan pengelolaan Tahura Ngurah Rai Provinsi Bali pada aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan, mengidentifikasi indikator sensitif, serta menyusun skenario peningkatan keberlanjutan. Hasil penelitian diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi pengelola dan pemangku kepentingan dalam menetapkan prioritas perbaikan yang mendukung kelestarian ekosistem mangrove serta keberlangsungan manfaatnya bagi masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Tahura Ngurah Rai, Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, Provinsi Bali, pada Mei–Juni 2026. Pengumpulan data diawali dengan *focus group discussion* (FGD) dilanjutkan dengan pengisian kuesioner, wawancara mendalam, dan observasi lapangan, serta didukung studi dokumentasi. Sebanyak 20 informan dipilih secara purposif berdasarkan pengetahuan, pengalaman, dan keterlibatan dalam pengelolaan kawasan. Informan mencakup unsur pemerintah, akademisi, masyarakat, organisasi lingkungan, dan dunia usaha, termasuk enam perwakilan kelompok nelayan.

Analisis menggunakan *Multiaspect Sustainability Analysis* (MSA) melalui perangkat lunak Exsimpro untuk menilai keberlanjutan, mengidentifikasi indikator sensitif, dan menyusun skenario pengelolaan (Paulus et al., 2023). Penilaian mencakup 27 indikator, terdiri atas delapan indikator ekologi, enam ekonomi, enam sosial, dan tujuh kelembagaan. Setiap indikator diberi skor ordinal sesuai kriteria instrumen penelitian. Penilaian informan dirangkum menggunakan modus sebelum diolah dengan MSA, sebagaimana diterapkan oleh Ayu et al. (2026). Indeks setiap aspek dinyatakan pada skala 0–100, sedangkan indeks agregat dihitung dari rata-rata keempat aspek dengan bobot masing-masing 25%. Kestabilan hasil dievaluasi melalui selisih absolut indeks kondisi eksisting dan hasil iterasi acak. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengidentifikasi indikator yang perubahan skornya menghasilkan perubahan relatif lebih besar pada indeks dalam model. Hasilnya, bersama kondisi aktual dan ruang perbaikan skor, menjadi dasar penyusunan skenario. Skenario 1 meningkatkan skor indikator terpilih, sedangkan Skenario 2 mempertahankan perubahan tersebut dan memperbaiki indikator tambahan. Prioritas skenario ditentukan melalui rasio kenaikan indeks Skenario 2 terhadap Skenario 1, masing-masing dihitung dari kondisi eksisting. Skenario 2 diprioritaskan apabila rasio mencapai sekurang-kurangnya 2 (Firmansyah, 2022). Hasil simulasi diinterpretasikan sebagai perubahan indeks berdasarkan asumsi perbaikan skor indikator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Stabilitas Hasil Analisis MSA

Uji stabilitas dilakukan dengan membandingkan indeks keberlanjutan aktual dan indeks hasil iterasi acak (*random iteration*). Dalam MSA, iterasi acak menggunakan distribusi frekuensi skor penilaian responden untuk menghasilkan nilai simulasi yang dibandingkan dengan penilaian berbasis modus. Selisih absolut kedua indeks digunakan untuk mengevaluasi besarnya perubahan hasil analisis setelah pengacakan (Firmansyah, 2022). Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji stabilitas indeks keberlanjutan pengelolaan Tahura Ngurah Rai

Aspek	Status Aktual	Status Iterasi Acak	Selisih absolut indeks
Ekologi	81,25	78,12	3,13
Ekonomi	75,00	72,50	2,50
Sosial	83,33	84,17	0,84
Kelembagaan	71,43	72,86	1,43

Selisih absolut indeks pada keempat aspek berkisar antara 0,84–3,13 poin, dengan selisih terbesar pada aspek ekologi dan terkecil pada aspek sosial. Seluruh selisih berada di bawah batas maksimum 5 poin yang dijelaskan oleh Firmansyah (2022). Hasil tersebut menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan relatif stabil pada simulasi yang dilakukan, karena pengacakan penilaian responden menghasilkan perubahan indeks yang relatif kecil.

Status Keberlanjutan Kondisi Eksisting

Hasil analisis *Multiaspect Sustainability Analysis* (MSA) menunjukkan bahwa pengelolaan Tahura Ngurah Rai memperoleh rata-rata indeks keberlanjutan sebesar 77,75 pada skala 0–100, yang termasuk kategori sangat berkelanjutan berdasarkan klasifikasi yang digunakan dalam

penelitian. Nilai tersebut dihitung dari rata-rata indeks aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan, dengan bobot masing-masing sebesar 25%. Penilaian mencakup 27 indikator, yaitu delapan indikator ekologi, enam indikator ekonomi, enam indikator sosial, dan tujuh indikator kelembagaan. Indeks keberlanjutan setiap aspek disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai keberlanjutan kondisi eksisting pengelolaan Tahura Ngurah Rai

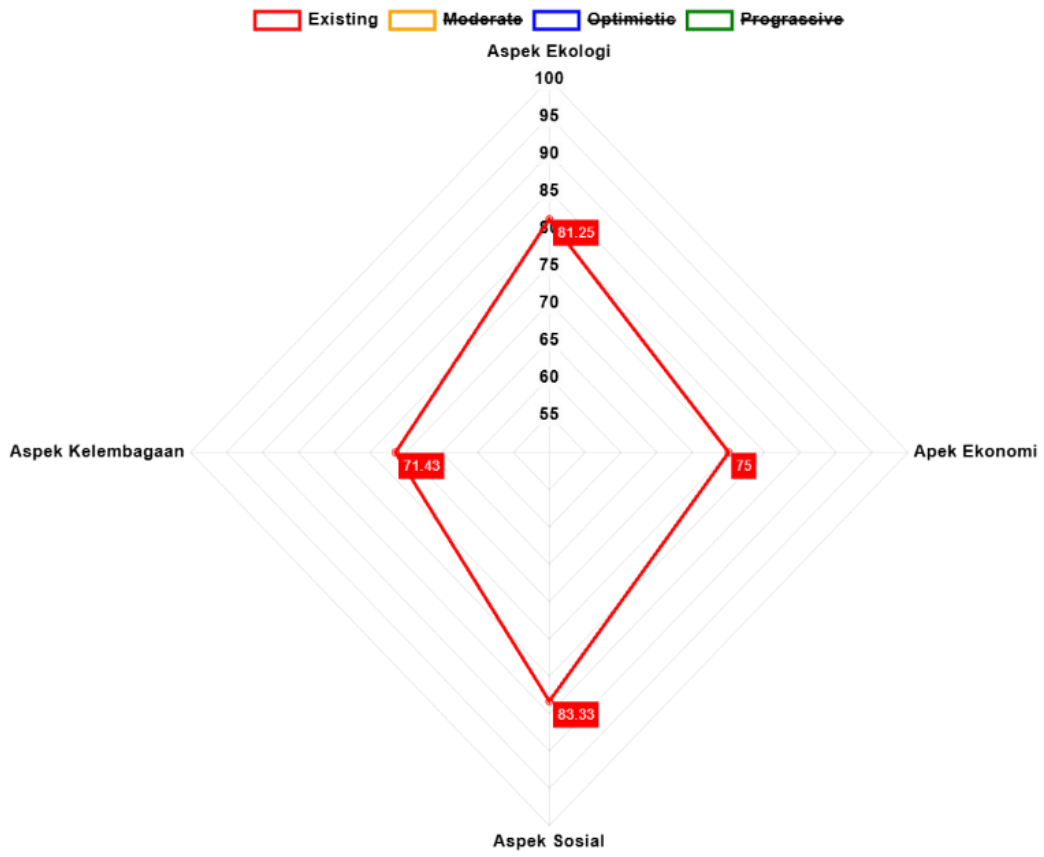
No.	Aspek	Nilai Kondisi Eksisting
1	Ekologi	81,25
2	Ekonomi	75,00
3	Sosial	83,33
4	Kelembagaan	71,43
	Rata-rata	**77,75**

Aspek sosial memperoleh indeks tertinggi, diikuti ekologi, ekonomi, dan kelembagaan. Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1, perbedaan capaian tersebut menunjukkan ruang perbaikan yang berbeda pada setiap aspek.

Pada aspek ekologi, analisis NDVI menunjukkan dominasi kelas rapat sebesar 72,85%, diikuti kelas jarang 20,55% dan sedang 6,60%. Hasil ini melengkapi persepsi informan yang menilai tutupan dan keanekaragaman mangrove pada kategori tinggi. Wijaya et al. (2024) mencatat 18 jenis mangrove sejati, sementara wawancara dan pengamatan lapangan menunjukkan keberadaan burung, ikan, kepiting, serta fauna perairan lainnya. Rehabilitasi pada 2024–2025 mencakup penanaman 76.615 batang pada 7,76 ha, tetapi menghadapi kendala aliran air, sampah, dan organisme penempel (UPTD Tahura Ngurah Rai, 2025). Menurut informan, alih fungsi baru relatif minim dan garis pantai masih terjaga, meskipun persoalan pemanfaatan lahan lama dan perubahan genangan memerlukan perhatian. Tekanan pencemaran juga masih ditemukan, sejalan dengan temuan sampah dan rembesan air lindi oleh Partama et al. (2024). Informasi tersebut menggambarkan tekanan lingkungan, tetapi belum cukup untuk menyimpulkan kualitas perairan.

Pada aspek ekonomi, manfaat kawasan diperoleh melalui perikanan, pengolahan hasil hutan bukan kayu, dan jasa wisata, termasuk penangkapan kepiting, pembuatan sirup pidada, serta penyewaan kano. Pemanfaatan langsung berada pada kategori rendah, yaitu kurang dari 25% berdasarkan kriteria penelitian, dan tidak lagi berorientasi pada pengambilan kayu. Premananda dan Primajana (2023) memperkirakan nilai ekonomi total mangrove Tahura Ngurah Rai sekitar Rp72,02 miliar per tahun, mencakup manfaat langsung, tidak langsung, nilai pilihan, keberadaan, dan warisan. Berdasarkan wawancara, anggota yang aktif penuh waktu umumnya memperoleh pendapatan di atas UMK, sedangkan sebagian besar anggota lainnya memanfaatkan kawasan secara paruh waktu dengan pekerjaan utama di sektor pariwisata, perdagangan, dan jasa. Pemanfaatan diarahkan sesuai penataan blok agar tetap selaras dengan fungsi konservasi.

Pada aspek sosial, pengetahuan masyarakat mengenai fungsi mangrove terbentuk melalui pendidikan, pengalaman, dan keterlibatan dalam konservasi. Kesadaran tersebut tercermin dalam pembersihan dan pemeliharaan kawasan serta berkurangnya penebangan, sejalan dengan pentingnya pengetahuan dan kesadaran dalam pengelolaan mangrove menurut Pattimahu (2010). Akses masyarakat diakomodasi melalui kemitraan konservasi dengan 12 kelompok nelayan yang terlibat dalam rehabilitasi, pengelolaan sampah, dan edukasi. Meskipun demikian, aktivitas yang berpotensi merusak akar serta pembuangan sampah dan limbah masih ditemukan. Nilai Tri Hita Karana, khususnya palemahan, mendukung kepedulian lingkungan, tetapi aturan adat khusus perlindungan mangrove belum merata. Berkurangnya interaksi generasi muda dengan kawasan juga memerlukan perhatian melalui pendidikan lingkungan dan pelibatan dalam konservasi.



Gambar 1. Status keberlanjutan pengelolaan Tahura Ngurah Rai pada kondisi eksisting

Pada aspek kelembagaan, RPJP dan penataan blok telah tersedia, tetapi pelaksanaannya masih menghadapi keterbatasan sumber daya. Keterlibatan masyarakat berlangsung melalui kemitraan konservasi, sementara koordinasi antarpihak dan kecukupan petugas masih perlu diperkuat. Kepatuhan masyarakat dinilai tinggi berdasarkan wawancara, meskipun penegakan aturan belum sepenuhnya konsisten. Monitoring dan pengawasan melibatkan petugas, mitra, dan masyarakat, tetapi belum seluruhnya rutin, sistematis, dan terdokumentasi. Penguatan kelembagaan karena itu diarahkan pada pelaksanaan rencana, koordinasi, dukungan petugas, serta tindak lanjut hasil pengawasan.

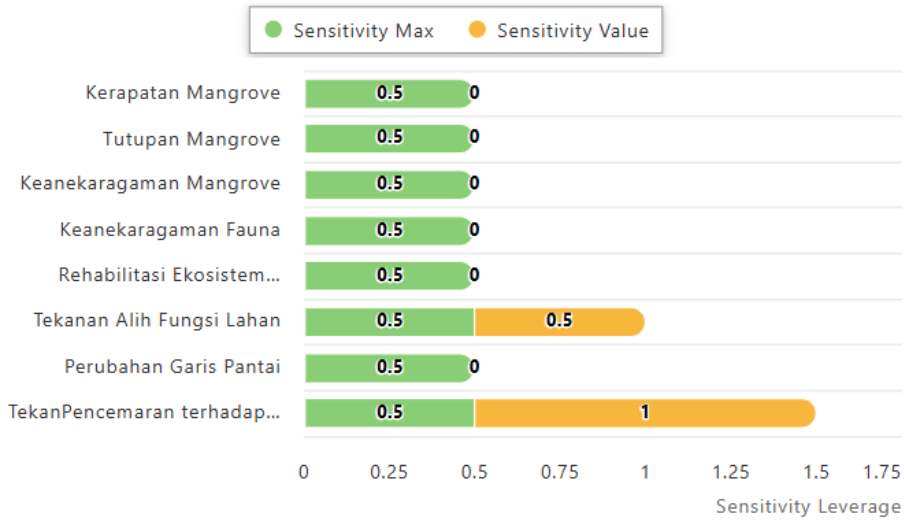
C. Analisis Sensitivitas Indikator Keberlanjutan

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengidentifikasi indikator yang perubahan skornya menghasilkan perubahan relatif lebih besar terhadap indeks keberlanjutan pada setiap aspek. Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator sensitif pada aspek ekologi berkaitan dengan tekanan lingkungan, aspek ekonomi dengan pemanfaatan dan informasi kegiatan ekonomi, aspek sosial dengan pengetahuan dan kearifan lokal, serta aspek kelembagaan dengan ketersediaan petugas. Indikator tersebut menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan skenario perbaikan pengelolaan berdasarkan sensitivitas model dan kondisi aktual kawasan.

Aspek ekologi

Pada aspek ekologi, indikator paling sensitif adalah tekanan pencemaran terhadap ekosistem mangrove dan tekanan alih fungsi lahan, dengan *sensitivity value* masing-masing sebesar 1 dan 0,5 serta *sensitivity max* sebesar 0,5. Temuan ini relevan dengan adanya akumulasi sampah dan tekanan pemanfaatan ruang di sekitar kawasan. Partama et al. (2024) juga menunjukkan variasi kerentanan mangrove Tahura Ngurah Rai yang berkaitan dengan aspek fisik, biologi, dan

antropogenik. Arah perbaikan difokuskan pada pengendalian sumber pencemaran, pengelolaan sampah, serta pengawasan pemanfaatan ruang sesuai fungsi konservasi.



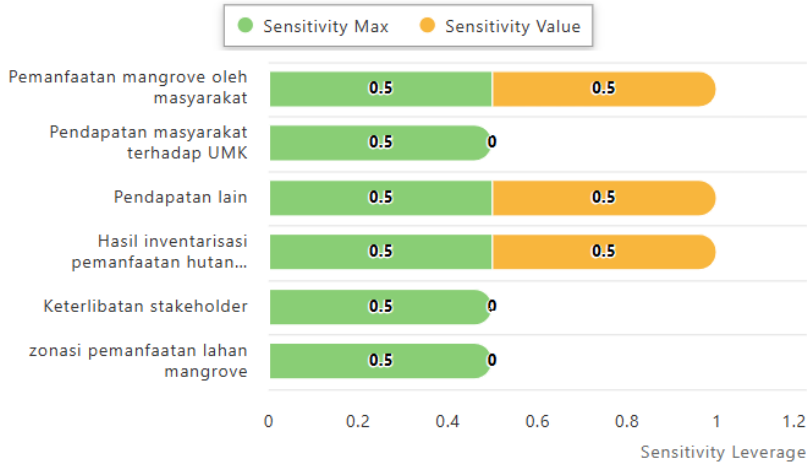
Gambar. 3. Indikator yang Sensitif pada Aspek Ekologi

Tekanan pencemaran di Tahura Ngurah Rai terutama terlihat dari sampah yang masuk dan terakumulasi di kawasan mangrove, khususnya pada bagian yang berdekatan dengan muara dan aktivitas perkotaan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa capaian indeks ekologi yang tinggi masih disertai persoalan lingkungan pada lokasi tertentu. Sementara itu, sensitivitas indikator tekanan alih fungsi lahan perlu dipahami dalam konteks posisi kawasan yang berdekatan dengan permukiman, kegiatan pariwisata, dan infrastruktur. Kondisi tersebut menjadikan pemantauan perubahan penggunaan lahan relevan dalam pengelolaan Tahura Ngurah Rai. Berdasarkan hasil sensitivitas dan temuan lapangan, pengendalian sampah serta pemantauan pemanfaatan ruang menjadi aspek yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan skenario perbaikan aspek ekologi.

Aspek ekonomi

Pada aspek ekonomi, indikator dengan sensitivitas tertinggi meliputi pemanfaatan mangrove oleh masyarakat, pendapatan lain, dan hasil inventarisasi pemanfaatan hutan mangrove. Ketiganya memiliki *sensitivity max* dan *sensitivity value* masing-masing sebesar 0,5. Pemanfaatan langsung hasil mangrove berada pada kategori rendah berdasarkan kriteria penilaian penelitian. Meskipun demikian, kegiatan pemanfaatan dijumpai dalam berbagai bentuk, antara lain pengolahan sirup pidada, stik lindur, kopi mangrove, serta penangkapan ikan dan kepiting bakau. Manfaat ekonomi juga diperoleh melalui penyewaan kano, wisata mangrove, dan kegiatan edukasi.

Indikator pendapatan lain berkaitan dengan kegiatan ekonomi tambahan yang masih berhubungan dengan mangrove. Berdasarkan wawancara, kegiatan pengolahan produk, penyewaan kano, wisata, dan edukasi sebagian besar dilakukan secara paruh waktu. Jenis serta intensitasnya berbeda antaranggota dan kelompok. Sebagian anggota juga memiliki pekerjaan utama di luar kawasan, seperti pada sektor pariwisata, perdagangan, dan jasa. Kondisi ini memberikan konteks bagi penilaian indikator pendapatan lain, terutama mengenai kedudukan kegiatan berbasis mangrove dalam keseluruhan penghidupan masyarakat.



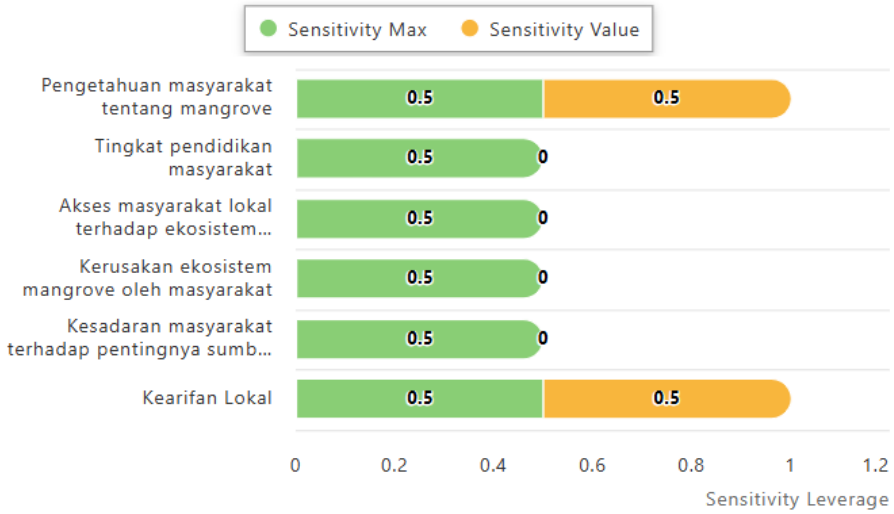
Gambar 4. Indikator yang Sensitif pada Aspek Ekonomi

Indikator hasil inventarisasi pemanfaatan hutan mangrove menunjukkan pentingnya ketersediaan informasi mengenai kegiatan ekonomi di dalam kawasan. Berbagai bentuk pemanfaatan telah dapat diidentifikasi, tetapi informasi mengenai jumlah pelaku aktif, perkembangan usaha, volume produksi, dan nilai ekonomi belum seluruhnya tersedia secara rinci dan terintegrasi. Temuan ini memberikan dasar bagi penguatan pendataan pemanfaatan kawasan. Inventarisasi yang lebih terstruktur dapat digunakan untuk memahami perkembangan kegiatan dan menyusun program pendampingan yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Aspek sosial

Hasil analisis sensitivitas aspek sosial menunjukkan bahwa pengetahuan masyarakat tentang mangrove dan kearifan lokal merupakan indikator dengan dengan sensitivitas tertinggi. Kedua indikator memiliki nilai *sensitivity max* dan *sensitivity value* masing-masing sebesar 0,5. Dengan demikian, perubahan skor kedua indikator menghasilkan respons perubahan indeks yang relatif lebih besar dibandingkan dengan indikator sosial lainnya.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa masyarakat yang berinteraksi dengan kawasan telah memiliki pemahaman mengenai fungsi dan manfaat mangrove, terutama melalui pengalaman dalam kegiatan perikanan maupun pengelolaan kawasan. Pengalaman tersebut menjadi konteks penting dalam memahami pengetahuan masyarakat. Ananda dan Partama (2024) menemukan bahwa pengetahuan masyarakat yang tinggi belum selalu disertai partisipasi pelestarian yang tinggi.

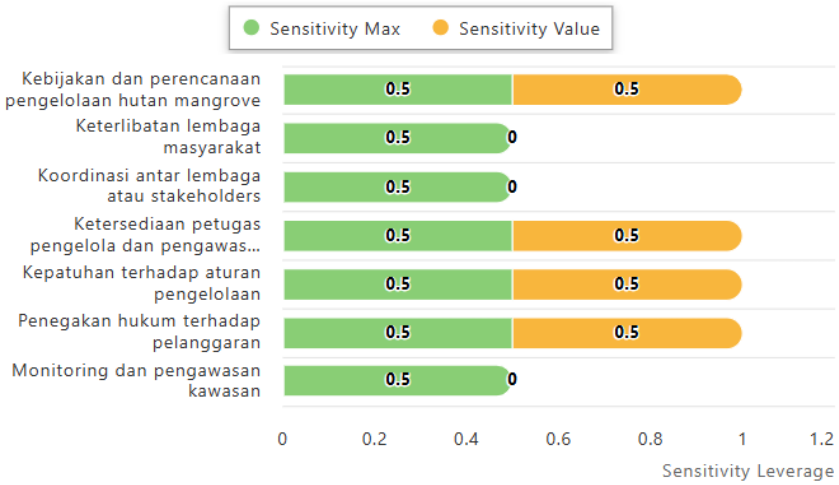


Gambar 5. Indikator yang Sensitif pada Aspek Sosial

Pada indikator kearifan lokal, nilai dan praktik yang berkaitan dengan hubungan masyarakat dan lingkungan masih dijumpai di sekitar kawasan. Namun, penerapannya secara khusus dalam perlindungan dan pemanfaatan mangrove belum merata. Purwanto et al. (2021) menempatkan kearifan lokal sebagai bagian dari modal sosial konservasi mangrove. Kondisi tersebut membuka ruang untuk mengidentifikasi kearifan lokal yang relevan dan melibatkan masyarakat serta tokoh adat dalam pengembangannya. Pembahasan kedua indikator ini menunjukkan bahwa penguatan aspek sosial perlu memperhatikan pengetahuan masyarakat sekaligus penerapan nilai lokal dalam kegiatan pengelolaan.

Aspek kelembagaan

Pada aspek kelembagaan, ketersediaan petugas pengelola dan pengawas kawasan merupakan indikator paling sensitif, dengan nilai *sensitivity max* dan *sensitivity value* masing-masing sebesar 0,5. Hasil ini menunjukkan bahwa indeks kelembagaan relatif lebih sensitif terhadap perubahan skor ketersediaan petugas dibandingkan dengan indikator lainnya. Pada saat penelitian, UPTD Tahura Ngurah Rai memiliki 12 pegawai, termasuk tiga Polisi Kehutanan yang menjalankan fungsi perlindungan dan pengamanan kawasan. Kondisi tersebut perlu dipertimbangkan bersama cakupan wilayah, keragaman aktivitas, dan pelaksanaan monitoring yang belum sepenuhnya rutin serta terdokumentasi.



Gambar 6. Indikator yang Sensitif pada Aspek Kelembagaan

Skenario Peningkatan dan Prioritas Pengelolaan

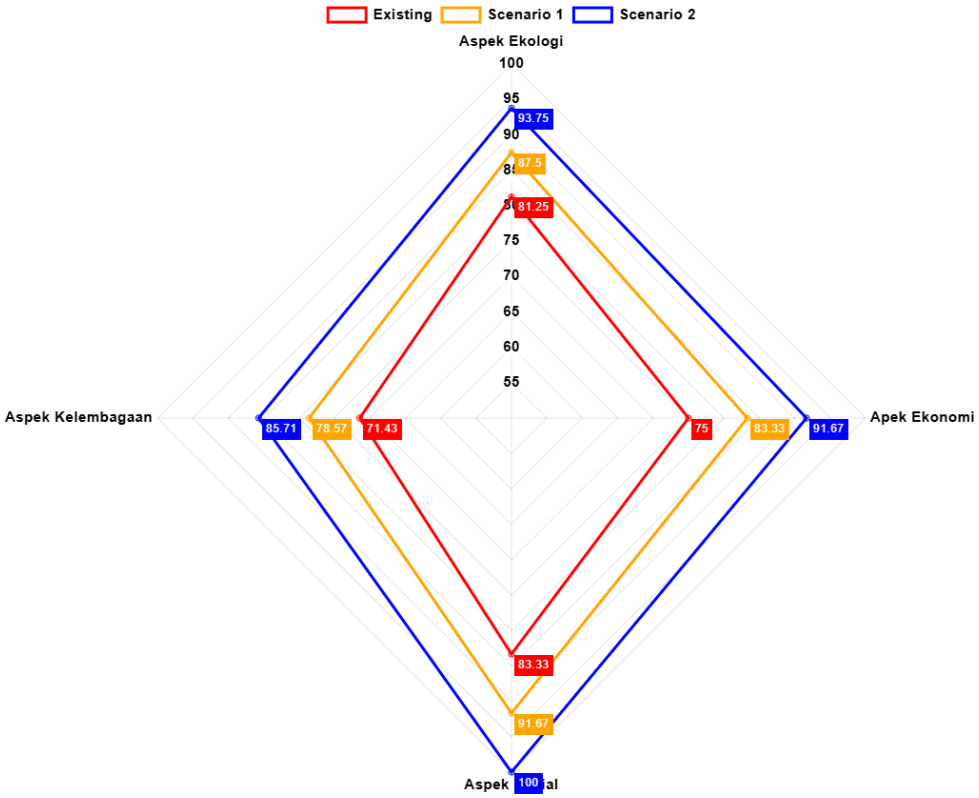
Skenario peningkatan disusun melalui simulasi perbaikan skor atribut terpilih dengan mempertimbangkan hasil analisis sensitivitas, kondisi aktual, dan ruang perbaikan dalam model. Skenario 1 menggambarkan perbaikan awal, sedangkan Skenario 2 mempertahankan perubahan tersebut dan menambahkan perbaikan atribut lainnya. Hasil simulasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai keberlanjutan kondisi eksisting dan skenario peningkatan

Aspek	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	ΔS2S/ΔS1S
Ekologi	81,25	87,50	93,75	2,00
Ekonomi	75,00	83,33	91,67	2,00
Sosial	83,33	91,67	100,00	2,00
Kelembagaan	71,43	78,57	85,71	2,00
Rata-rata	**77,75**	**85,27**	**92,78**	**2,00**

Keterangan: ΔS1S = indeks Skenario 1 − indeks eksisting; ΔS2S = indeks Skenario 2 − indeks eksisting. Rasio disajikan dengan pembulatan dua desimal.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata indeks keberlanjutan meningkat dari 77,75 pada kondisi eksisting menjadi 85,27 pada Skenario 1 dan 92,78 pada Skenario 2. Peningkatan tersebut masing-masing sebesar 7,52 dan 15,03 poin dibandingkan kondisi eksisting. Meskipun ketiganya berada dalam kategori sangat berkelanjutan berdasarkan kriteria penelitian, perubahan indeks memperlihatkan adanya ruang peningkatan melalui perbaikan skor indikator terpilih. Perbandingan capaian pada setiap aspek ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan kondisi eksisting, Skenario 1, dan Skenario 2

Pada aspek ekologi, Skenario 1 meningkatkan skor tekanan pencemaran terhadap ekosistem mangrove dari 0 menjadi 1, sehingga indeks meningkat dari 81,25 menjadi 87,50. Skenario 2 mempertahankan perubahan tersebut dan meningkatkan skor tekanan alih fungsi lahan dari 1 menjadi 2, sehingga indeks mencapai 93,75. Arah perbaikannya mencakup pengendalian masukan sampah dan sumber pencemaran serta pengawasan pemanfaatan ruang. Peningkatan skor tekanan pencemaran dan alih fungsi lahan dalam simulasi menggambarkan kondisi tekanan yang lebih terkendali.

Pada aspek ekonomi, Skenario 1 meningkatkan skor hasil inventarisasi pemanfaatan hutan mangrove dari 1 menjadi 2, sehingga indeks meningkat dari 75,00 menjadi 83,33. Perbaikan ini diarahkan pada penyediaan data mengenai bentuk, pelaku, lokasi, dan nilai ekonomi pemanfaatan kawasan. Skenario 2 mempertahankan perbaikan inventarisasi dan meningkatkan skor pemanfaatan mangrove oleh masyarakat dari 1 menjadi 2, sehingga indeks mencapai 91,67. Pengembangan pemanfaatan diarahkan pada kegiatan yang terkendali dan sesuai fungsi konservasi, termasuk jasa lingkungan dan produk bernilai tambah. Indikator pendapatan lain tetap dipertahankan pada skor eksisting karena skenario difokuskan pada indikator yang berkaitan langsung dengan intervensi pengelolaan kawasan.

Pada aspek sosial, Skenario 1 meningkatkan skor pengetahuan masyarakat tentang mangrove dari 1 menjadi 2, sehingga indeks meningkat dari 83,33 menjadi 91,67. Arah perbaikan mencakup edukasi, penyuluhan, dan keterlibatan masyarakat dalam kegiatan konservasi. Skenario 2 menambahkan peningkatan skor kearifan lokal dari 1 menjadi 2 dengan mempertahankan

perbaikan pengetahuan masyarakat, sehingga indeks mencapai 100,00. Penguatan kearifan lokal dapat dilakukan melalui pelibatan tokoh masyarakat serta pengintegrasian nilai dan praktik lokal yang mendukung perlindungan mangrove. Nilai 100,00 menunjukkan tercapainya skor maksimum berdasarkan indikator dan asumsi simulasi, bukan berarti seluruh persoalan sosial telah terselesaikan.

Pada aspek kelembagaan, Skenario 1 meningkatkan skor ketersediaan petugas pengelola dan pengawas kawasan dari 1 menjadi 2, sehingga indeks meningkat dari 71,43 menjadi 78,57. Skenario 2 mempertahankan perubahan tersebut dan meningkatkan skor kebijakan dan perencanaan pengelolaan hutan mangrove dari 1 menjadi 2, sehingga indeks mencapai 85,71. Ketersediaan petugas dipilih berdasarkan sensitivitasnya dalam model, sedangkan kebijakan dan perencanaan ditambahkan dengan mempertimbangkan ruang perbaikan pengelolaan. Arah penerapannya mencakup pemenuhan kebutuhan personel, peningkatan kapasitas teknis, dukungan operasional, serta penguatan perencanaan dan pelaksanaannya. Meskipun mengalami peningkatan, indeks kelembagaan tetap menjadi yang terendah dibandingkan aspek lainnya.

Rasio ΔS2S/ΔS1S sebesar 2,00 pada seluruh aspek menunjukkan bahwa peningkatan indeks pada Skenario 2 sekitar dua kali peningkatan pada Skenario 1. Berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian, Skenario 2 diprioritaskan apabila rasio tersebut mencapai sekurang-kurangnya 2 (Firmansyah, 2022). Dengan demikian, Skenario 2 ditetapkan sebagai skenario prioritas dalam pemodelan, sedangkan Skenario 1 dapat digunakan sebagai tahap awal perbaikan. Rasio tersebut merupakan perbandingan perubahan indeks berdasarkan asumsi simulasi, bukan ukuran efektivitas maupun efisiensi program di lapangan. Penerapan arah perbaikan tetap perlu disesuaikan dengan sumber daya, kewenangan, dan kondisi aktual pengelolaan Tahura Ngurah Rai.

KESIMPULAN

Pengelolaan Tahura Ngurah Rai memperoleh rata-rata indeks keberlanjutan sebesar 77,75, termasuk kategori sangat berkelanjutan berdasarkan kriteria penelitian. Aspek sosial memiliki indeks tertinggi sebesar 83,33, diikuti ekologi 81,25, ekonomi 75,00, dan kelembagaan 71,43.

Indikator paling sensitif meliputi tekanan pencemaran dan alih fungsi lahan pada aspek ekologi; pemanfaatan mangrove, pendapatan lain, dan inventarisasi pemanfaatan pada aspek ekonomi; pengetahuan masyarakat dan kearifan lokal pada aspek sosial; serta ketersediaan petugas pada aspek kelembagaan. Perubahan skor indikator tersebut menghasilkan perubahan relatif lebih besar pada indeks dalam model.

Berdasarkan hasil simulasi, peningkatan keberlanjutan pengelolaan Tahura Ngurah Rai direkomendasikan melalui pengendalian tekanan pencemaran, penguatan inventarisasi pemanfaatan hutan mangrove, peningkatan pengetahuan masyarakat tentang mangrove, serta pemenuhan kebutuhan petugas pengelola dan pengawas kawasan. Perbaikan tersebut selanjutnya diperluas melalui pengendalian tekanan alih fungsi lahan, penguatan pemanfaatan mangrove oleh masyarakat sesuai fungsi konservasi, penguatan kearifan lokal, serta penyempurnaan kebijakan dan perencanaan pengelolaan hutan mangrove. Arah perbaikan ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam penyusunan program dan penetapan prioritas pengelolaan, dengan memperhatikan kondisi aktual kawasan dan ketersediaan sumber daya.

DAFTAR PUSTAKA

Ananda, K. D., and Partama, I. G. Y., 2024, Kajian Lingkungan Ekosistem Hutan Mangrove Tahura Ngurah Rai: Analisis Abiotik, Biotik, serta Persepsi Masyarakat, *Jurnal Alam Lestari*, Vol. 9, No. 1, pp. 61–74.

Arifanti, V. B., Kauffman, J. B., Subarno, Ilman, M., Tosiani, A., and Novita, N., 2022, Contributions of Mangrove Conservation and Restoration to Climate Change Mitigation in Indonesia, *Global Change Biology*, Vol. 28, No. 15, pp. 4523–4538.

Ayu, C., Sukardi, L., Tajidan, and Hayati, 2026, Multiaspect Sustainability Analysis of Dry Land Farming Systems in the Buffer Zone of the Mandalika Special Economic Zone, *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 21, No. 6, pp. 2809–2819.

Firmansyah, I., 2022, Multiaspect Sustainability Analysis (Theory and Application), *Expert Simulation Program Article*, Vol. 1, pp. 1–14.

Partama, I. G. Y., Wardhani, O. K., Surata, S. P. K., Yastika, P. E., and Kusuma, I. K. T. W., 2024, Pemetaan Kerentanan Ekosistem Mangrove Berdasarkan Aspek Fisik, Biologi dan Antropogenik di Kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai-Bali Berbasis SIG, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol. 22, No. 3, pp. 648–657.

Pattimahu, D. V., 2010, *Disertasi: Kebijakan Pengelolaan Hutan Mangrove Berkelanjutan di Kabupaten Seram Bagian Barat Maluku*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Paulus, C. A., Adar, D., Yahyah, Hotty, R. M. I., Rusdiyanto, E., and Firmansyah, I., 2023, Multi-Aspect Sustainability Analysis of Freshwater Fish Aquaculture in Kupang City of East Nusa Tenggara Province, Indonesia, *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, Vol. 140, No. 8, pp. 173–186.

Premananda, W. H., and Primajana, D. J., 2023, Kesesuaian Tarif Retribusi atas Pemanfaatan Lahan Hutan Mangrove Kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai, *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, Vol. 12, No. 7, pp. 518–532.

Purwanto, A. D., Hikmah, N. I., Aprianto, A., and Rahmawati, E., 2021, Modelling Spatio-Temporal of Mangrove Ecosystem and Community Local Wisdom in Taman Hutan Raya (Tahura), Ngurah Rai, Bali, *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 11, No. 4, pp. 1642–1653.

Sahputra, E., Harahap, R. H., Wahyuningsih, H., and Utomo, B., 2022, Assessing the Sustainability Status of Mangrove Forest Ecosystem Management by Coastal Community in Jaring Halus Village, North Sumatra, Indonesia, *Biodiversitas*, Vol. 23, No. 1, pp. 1–9.

Sutiarso, M. A., Suprapto, I. N. A., and Pantiyasa, I. W., 2023, Eksistensi Ekowisata Mangrove di Tahura Ngurah Rai bagi Pembangunan Kepariwisataan Bali, *Edutourism: Journal of Tourism Research*, Vol. 5, No. 2, pp. 230–240.

Wijaya, I. M. S., Sugiana, I. P., Astarini, I. A., Ginantra, I. K., and Rahim, K. A. A., 2024, Floristic Composition of Mangrove Community in Ngurah Rai Forest Park and Nusa Lembongan, Bali, Indonesia, *Biodiversitas*, Vol. 25, No. 1, pp. 300–309.