




AN ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY OF THE CORAL REEF ECOSYSTEM IN THE MARINE PROTECTED AREAS OF WAETUNO AND KABITA VILLAGES, WAKATOBI REGENCY

Rahman Shaadikin^{*1}, Ridwan Hasan², Malik Ridwan³

^{1,2,3}Institut Teknologi dan Bisnis Muhammadiyah Wakatobi, Wakatobi, Indonesia

*Corresponding Author: rshaadikin@gmail.com

<p>Info Article</p> <p>Received : 09 Mei 2025</p> <p>Revised : 11 Juni 2025</p> <p>Accepted : 05 Juli 2025</p> <p>Publication : 30 Juli 2025</p>	<p>Abstract: <i>This study aims to determine the sustainability status of coral reef ecosystems based on five dimensions: ecology, economy, society, technology, and institutions. The research location is in Waetuno Village and Kabita Village, Wakatobi Regency, from March to August 2023. Data collection was conducted using survey methods and analyzed using the Rapid Appraisal Index of Coral Reef Management Sustainability (Rap-Insus-COREMAG) approach. The analysis results indicate that, out of the five dimensions examined, only the ecological dimension falls into the “good” category. Meanwhile, the economic, social, technological, and institutional dimensions are categorized as ‘adequate’ to “poor.” These findings indicate that while the ecological condition of the coral reefs is relatively well-preserved, other aspects supporting sustainable management still need to be significantly improved to achieve sustainable balance.</i></p>
<p>Keywords: Sustainability, Coral Reef Ecosystem, Marine Protected Area, Wakatobi.</p> <p>Kata Kunci: Keberlanjutan, Ekosistem Terumbu Karang, Daerah Perlindungan Laut, Wakatobi.</p>	<p>Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status keberlanjutan ekosistem terumbu karang berdasarkan lima dimensi: ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Lokasi penelitian berada di Kelurahan Waetuno dan Desa Kabita, Kabupaten Wakatobi, selama Maret hingga Agustus 2023. Pengumpulan data dilakukan melalui metode survei, dan dianalisis menggunakan pendekatan Rapid Appraisal Indeks Sustainability of Coral Reef Management (Rap-Insus-COREMAG). Hasil analisis menunjukkan bahwa dari lima dimensi yang dikaji, hanya dimensi ekologi yang berada dalam kategori baik. Sementara itu, dimensi ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan berada pada kategori cukup hingga kurang. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun kondisi ekologis terumbu karang relatif terjaga, aspek lain yang mendukung keberlanjutan pengelolaan masih perlu ditingkatkan secara signifikan untuk mencapai keseimbangan yang berkelanjutan.</p>
<p>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</p> 	

INTRODUCTION

Kabupaten Wakatobi merupakan wilayah kepulauan yang memiliki potensi sumberdaya hayati laut yang tinggi di Indonesia. Kabupaten ini terletak di perairan Laut Banda (ekoregion Laut Banda) yang menempati peringkat ke-2 dari 12 ekoregion laut Indonesia sebagai prioritas geografi tertinggi untuk investasi konservasi. Dari penafsiran citra Landsat 2003, diketahui luas terumbu di Wakatobi 54.500 ha.

Dalam rangka menjaga kelestarian ekosistem terumbu karang dan pemanfaatan sumberdaya hayati ikan yang berkelanjutan di kepulauan Wakatobi, maka sejak tahun 1996 perairan laut kepulauan Wakatobi telah ditetapkan sebagai Taman Nasional dengan luas $\pm 1.390.000$ ha dan melalui inisiasi Program Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang Tahap II (COREMAP II) sampai pada akhir tahun 2011 telah terbentuk 54 Daerah Perlindungan Laut (DPL) di 63 desa/kelurahan dengan luas total ± 592 ha (PMU COREMAP II Kab. Wakatobi, 2011).

COREMAP II Kabupaten Wakatobi telah menginisiasi pembentukan DPL di desa program yang diharapkan dapat melindungi serta melestarikan ekosistem terumbu karang sekaligus meningkatkan produksi perikanan. Pulau Wangi-Wangi merupakan salah satu pulau lokasi program COREMAP II Kabupaten Wakatobi hingga tahun 2011 telah terbentuk 19 Daerah Perlindungan Laut (DPL) di Pulau Wangi-Wangi. Beragam keberhasilan pengelolaan terumbu karang telah diraih, ada DPL yang mengalami peningkatan persentase tutupan karang hidupnya dan ada juga DPL yang mengalami penurunan persentase tutupan karang hidupnya.

Penurunan tutupan karang hidup ini diduga akibat masih adanya penggunaan alat tangkap ikan yang merusak lingkungan, kegiatan snorkeling serta diving yang tidak berperilaku baik (merusak karang), dan pembuangan sampah rumah tangga ke laut serta faktor alam seperti adanya bintang laut berduri. Menurut Dewi, K. V. C. et al. (2023), menyatakan bahwa tekanan gabungan dari perubahan iklim (suhu naik, asidifikasi) dan aktivitas manusia (polusi, overfishing) menyebabkan degradasi terumbu karang dan menurunnya keanekaragaman biota laut sekitar. Analisis global menunjukkan penurunan tajam jasa ekosistem karang akibat penurunan tutupan karang, mempengaruhi perlindungan pesisir, keanekaragaman, dan ekonomi (Eddy, T. D. et al, 2021).

Penyelesaian masalah pengelolaan lingkungan terumbu karang yang rumit memerlukan suatu pendekatan yang bersifat multidimensi agar konsep pembangunan berkelanjutan pada sumberdaya pesisir, terutama terumbu karang, dapat dikelola secara

berkelanjutan . Pengelolaan dievaluasi lewat lima dimensi (ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, kelembagaan) dan menghasilkan strategi berbasis multidimensi—termasuk rehabilitasi ekologi, peningkatan kapasitas masyarakat, perkuatan kelembagaan, dan pengembangan infrastruktur ekowisata (Ramadhani et al, 2015). Pengelolaan ekosistem terumbu karang menjadi isu utama dalam penelitian ini pada beberapa DPL di Pulau Wangi-Wangi dan pulau kecil disekitarnya, khususnya DPL Kelurahan Waetuno yang berada di daratan utama dan DPL Desa Kabita yang berada di Pulau Kapota belum optimal dan belum didasarkan pada faktor multi sektoral dan multi dimensi.

Dari uraian di atas, maka dapat ditarik suatu perumusan masalah sebagai pertanyaan penelitian yaitu bagaimana kondisi ekosistem terumbu karang di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita berdasarkan dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan.

METHOD

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Agustus 2023 di Daerah Perlindungan Laut (DPL) Kelurahan Waetuno, Pulau Wangi-Wangi, dan Desa Kabita, Pulau Kapota, Kabupaten Wakatobi. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui metode survei dan wawancara mendalam dengan teknik purposive sampling, yaitu memilih responden yang memiliki pengetahuan dan pengalaman terkait kegiatan perikanan dan pengelolaan ekosistem terumbu karang. Responden terdiri dari nelayan lokal, pimpinan institusi pemerintah, serta tokoh masyarakat dan organisasi lokal. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi pustaka dan pengumpulan dokumen dari berbagai instansi terkait. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *Rap-Insus COREMAG* (Rapid Appraisal Index Sustainability of Coral Reef Management), yang diadaptasi dari metode RAPFISH oleh Fisheries Center, University of British Columbia (Pitcher dan Preikshot, 2001; Fauzi dan Anna, 2002). Analisis ini menggunakan teknik *Multi-Dimensional Scaling* (MDS) yang dioperasikan dengan bantuan perangkat lunak Rapfish dan SPSS. Penentuan atribut pada masing-masing dimensi—ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan—mengacu pada indikator yang dikembangkan oleh Arifin (2008), Adriman et al. (2012), dan RAPFISH (KKP, WWF, dan PSKPL-IPB, 2012). Setiap atribut dinilai dengan skor antara 0 hingga 3, di mana skor 3 menunjukkan kondisi baik dan skor 0 menunjukkan kondisi buruk. Indeks keberlanjutan yang dihasilkan memiliki rentang antara 0 hingga 100, dengan kategori seperti ditunjukkan pada Tabel 1 (Adriman et al., 2012).

Tabel 1. Kategori Status Keberlanjutan Ekosistem Terumbu Karang Berdasarkan Nilai Indeks Hasil Analisis *Rap-Insus COREMAG*

Indeks	Kategori
≤ 24,9	Buruk
25 – 49,9	Kurang
50 – 74,9	Cukup
> 75	Baik

Sumber: Adriman *et.al.*, 2012.

Dalam perhitungan MDS, jarak antar objek dalam ruang multidimensi dihitung menggunakan rumus Euclidean (Kavanagh, 2001).

$$d = \sqrt{(|x_1 - x_2|^2 + |y_1 - y_2|^2 + |z_1 - z_2|^2 + \dots)} \dots\dots\dots (1)$$

Konfigurasi titik dalam ruang MDS diaproksimasi melalui regresi jarak Euclidean (*d_{ij}*) dengan jarak asal (*δ_{ij}*) sebagaimana persamaan berikut :

$$d_{ij} = \alpha + \beta\delta_{ij} + \epsilon \dots\dots\dots (2)$$

Teknik regresi dilakukan dengan algoritma ALSCAL yang tersedia dalam perangkat lunak SPSS dan SAS (Fauzi dan Anna, 2005). Validitas model dievaluasi berdasarkan nilai stress dan R², di mana nilai stress < 0,25 menunjukkan model yang baik, dan R² mendekati 1 menunjukkan kecocokan yang tinggi (Pitcher dan Preikshot, 2001). Untuk menguji sensitivitas dan kestabilan hasil, digunakan analisis Monte Carlo sebanyak 30 kali pengulangan. Analisis ini memperhitungkan gangguan berupa peubah acak normal (G) yang disimulasikan berdasarkan sebaran normal dengan nilai tengah nol dan simpangan baku 20% dari interval skor setiap atribut (Kavanagh dan Pitcher, 2004).

Hasil dari setiap simulasi ditampilkan dalam bentuk lembar kerja Microsoft Excel yang menunjukkan posisi status keberlanjutan terumbu karang serta atribut yang paling berpengaruh terhadap nilai indeks.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Analisis Keberlanjutan Ekosistem Terumbu Karang Pada Berbagai Dimensi dengan Model Rap-Insus COREMAG.

Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi

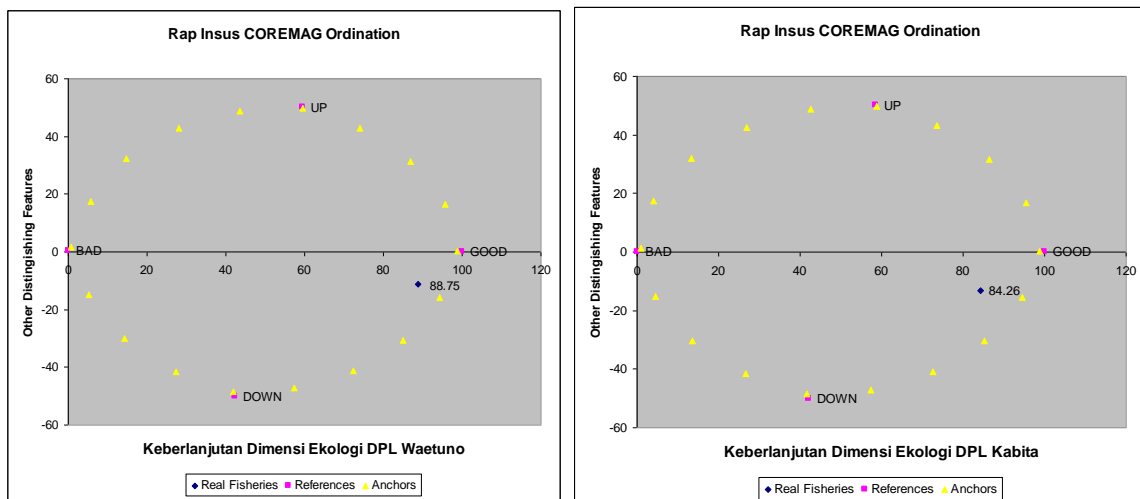
Hasil pemberian nilai pada semua atribut dimensi ekologi ekosistem terumbu karang setelah menganalisis data dan informasi diperoleh skor yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penilaian Atribut Dimensi Ekologi di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita.

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
1	Persentase Tutupan karang	0. 0 - 24,9 % 1. 25 - 49,9% 2. 50 - 74,9% 3. 75 - 100 %	2	0
2	Keragaman ikan karang	0. Rendah ($H' \leq 1$) 1. Sedang ($H' = 1-3$) 2. Tinggi ($H' \geq 3$)	1	1
3	Substrat perairan	0. Lumpur 1. Pasir 2. Batu atau Pecahan Karang	2	2
4	Laju Sedimentasi	0. ≥ 13 mg/cm ² /hr 1. 11,1 - 13 mg/cm ² /hr 2. 9,1 - 11 mg/cm ² /hr 3. 7,0 - 9,0 mg/cm ² /hr	3	3
5	Eutrofikasi (Klorofil-a)	0. Konsentrasi klorofil-a > 10 mg/m ³ 1. Konsentrasi klorofil -a $> 1- 10$ mg/m ³ 2. Konsentrasi klorofil -a < 1 mg/m ³	2	2
6	Pencemaran limbah B3	0. Tercemar 1. Tercemar Sedang 2. Tidak Tercemar	2	2
7	Memiliki spesies ETP	0. Tidak ada 1. Ada	1	1
8	Luas area DPL	0. <1 Ha dan >100 Ha 1. 1 - 9,9 Ha 2. 10 - 100 Ha	2	2
9	Keragaman ekosistem	0. 1 ekosistem 1. 2 ekosistem 2. ≥ 2 ekosistem	2	1

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2023.

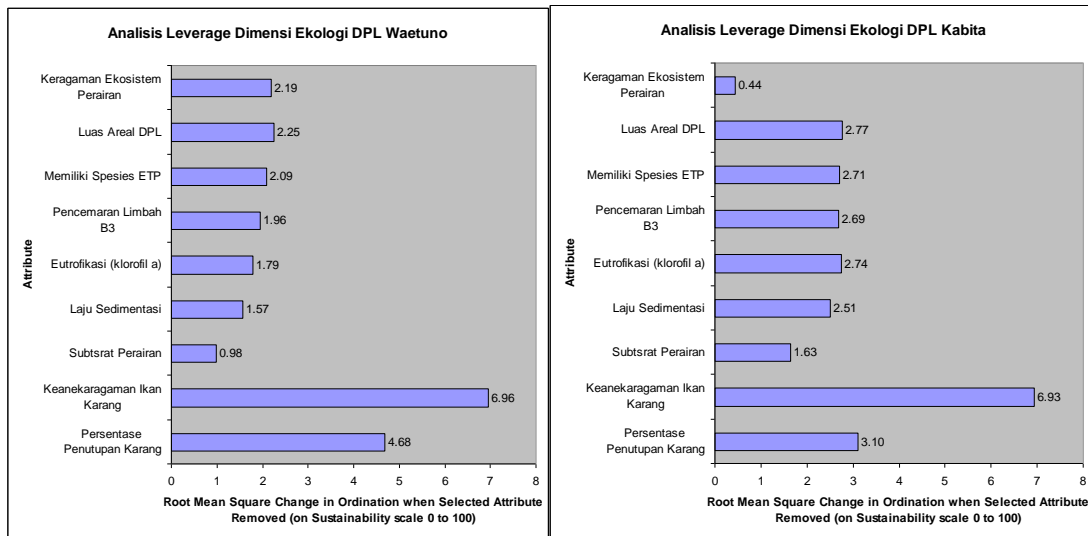
Setelah melakukan analisis *Rap-Insus COREMAG* pada sembilan atribut dimensi ekologi diperoleh nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi DPL Kelurahan Waetuno sebesar 88,75 sedangkan DPL Desa Kabita adalah 84,26. Nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita berada pada indeks > 75 skala berkelanjutan dengan status baik atau sangat berkelanjutan. Status keberlanjutan dimensi ekologi ekosistem terumbu karang yang baik bertolak belakang dengan kondisi tutupan karang hidup yang cukup baik dan buruk di kedua lokasi penelitian, hal ini disebabkan oleh nilai atribut ekologi lain yang menunjang pertumbuhan terumbu karang dalam kondisi yang cukup baik. Secara skematis status dimensi ekologi ataupun ordinasinya dimensi ekologi masing-masing DPL disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rap Insus COREMAG Ordination Keberlanjutan Dimensi Ekologi di Masing-masing DPL.

Hasil analisa *leverage* terhadap sembilan atribut dimensi ekologi DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita diperoleh 2 atribut sensitif yang sama, yaitu keanekaragaman ikan karang dan persentase tutupan karang. Perubahan terhadap atribut yang sensitif ini akan mudah berpengaruh terhadap kenaikan atau penurunan terhadap nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi. Hasil analisis *leverage* disajikan pada Gambar 3.

Berdasarkan analisis *leverage* (Gambar 3) terlihat bahwa atribut keanekaragaman ikan karang mempunyai nilai RMS yang paling tinggi di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita, yaitu masing-masing 6,96 dan 6,93. Dari sudut pandang ekologi, hal ini menunjukkan bahwa karakteristik keanekaragaman ikan karang memiliki dampak terbesar pada ekosistem terumbu karang.



Gambar 3. Nilai sensitivitas atribut dimensi ekologi yang dinyatakan dalam perubahan *Root Mean Square* (RMS) skala keberlanjutan 0 – 100 pada masing-masing DPL.

Keanekaragaman ikan karang adalah indikator baik/buruknya terumbu karang, karena ikan karang hidup terikat secara ekologis dengan terumbu karang. Keanekaragaman ikan karang di DPL kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita tergolong sedang. Keanekaragaman ikan karang dan tutupan karang hidup di kedua lokasi dipengaruhi oleh praktek penangkapan ikan yang tidak selektif dan merusak terumbu karang. Untuk meningkatkan keanekaragaman ikan karang maka perlu adanya perbaikan (peningkatan) tutupan karang hidup dan pengaturan alat tangkap ikan yang tidak selektif dan merusak terumbu karang.

Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi

Skor semua atribut dimensi ekonomi ekosistem terumbu karang, hasil dari analisis data dan informasi, disajikan pada Tabel 3

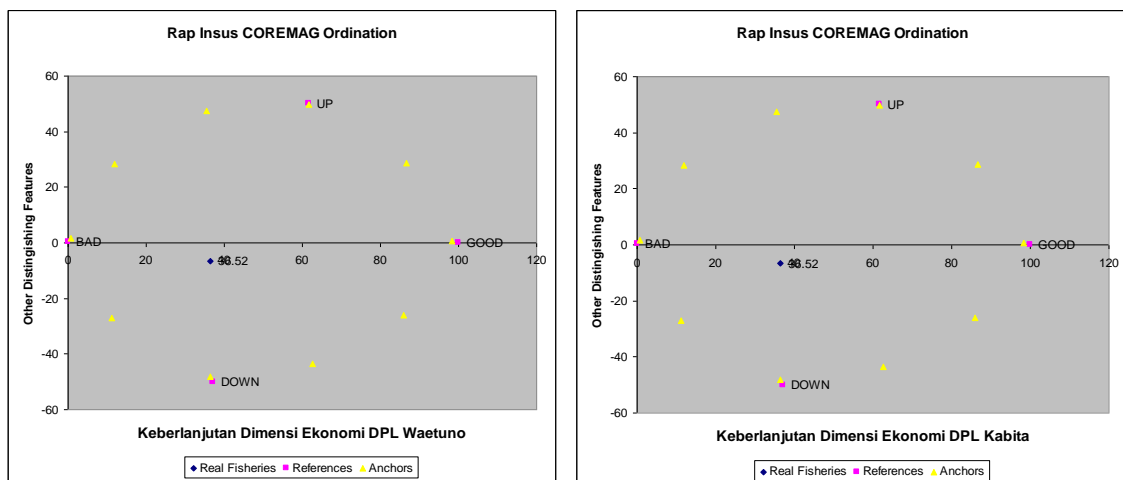
Tabel 3. Hasil Penilaian Atribut Dimensi Ekonomi di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita.

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
1	Intensitas kegiatan penangkapan ikan	0. Penuh Waktu 1. Musiman. 2. Paruh Waktu 3. Sambilan.	0	0
2	Pendapatan Rumah Tangga Perikanan (RTP)	0. ≤ rata-rata UMR 1. = rata-rata UMR 2. ≥ rata-rata UMR	0	0

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
3	Pemasaran Ikan Hasil Tangkapan	0. Pasar Internasional 1. Pasar Nasional 2. Pasar Lokal	2	2
4	Kepemilikan aset Nelayan	0. Nilai aset berkurang (lebih dari 50%) 1. Nilai aset tetap (kurang dari 50%) 2. Nilai aset bertambah (di atas 50%)	1	1
5	Nilai Tukar Nelayan (NTN)	0. Kurang dari 100 1. 100 2. ≥ 100	0	0

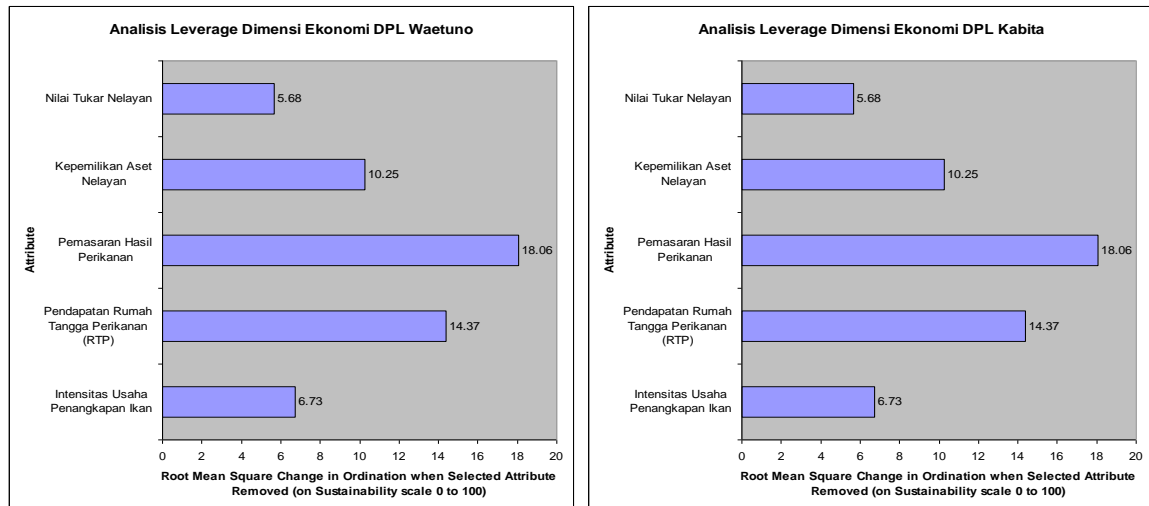
Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023

Analisis ordinasasi *Rap-Insus* COREMAG terhadap lima atribut yang memengaruhi dimensi ekonomi menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan ekonomi DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita sama, yaitu sebesar 36,52. Nilai tersebut berada dalam rentang 25–49,9, yang menunjukkan status kurang berkelanjutan. Kesamaan nilai ini disebabkan oleh skoring atribut yang serupa, mencerminkan kondisi ekonomi masyarakat nelayan yang sama. Secara skematis, status dan ordinasasi dimensi ekonomi masing-masing DPL ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rap Insus COREMAG Ordination Keberlanjutan Dimensi Ekonomi Di Masing-Masing DPL.

Analisis leverage terhadap lima atribut dimensi ekonomi DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita mengidentifikasi tiga atribut sensitif: pemasaran hasil perikanan, pendapatan rumah tangga perikanan (RTP), dan kepemilikan aset nelayan. Perubahan pada atribut-atribut ini berpotensi memengaruhi naik turunnya indeks keberlanjutan dimensi ekonomi. Hasil analisis disajikan pada Gambar 5



Gambar 5. Nilai Sensitivitas Atribut Dimensi Ekonomi yang Dinyatakan Dalam Perubahan *Root Mean Square* (RMS) Skala Keberlanjutan 0 – 100 pada DPL Waetuno dan DPL Kabita.

Berdasarkan hasil analisis leverage (Gambar 5), atribut pemasaran hasil perikanan menunjukkan nilai *Root Mean Square* (RMS) tertinggi di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita, yaitu sebesar 18,06. Temuan ini mengindikasikan bahwa dari perspektif ekonomi, sistem pemasaran hasil perikanan memiliki pengaruh paling signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem terumbu karang. Nelayan ikan karang di kedua lokasi umumnya memasarkan hasil tangkapan mereka melalui pasar tradisional lokal, seperti pasar di ibu kota kabupaten, atau secara langsung dari rumah ke rumah di desa. Sistem pemasaran tersebut belum mampu memberikan nilai tambah yang optimal bagi nelayan, mengingat harga jual ikan di pasar lokal cenderung lebih rendah dibandingkan dengan harga di kota-kota besar seperti Kendari dan Makassar, maupun pasar ekspor. Akibatnya, pendapatan rumah tangga nelayan tetap berada pada tingkat yang relatif rendah.

Dalam rangka meningkatkan keberlanjutan dimensi ekonomi, diperlukan strategi penguatan rantai nilai perikanan, antara lain melalui perluasan akses pasar, perbaikan penanganan pascapanen untuk menjaga mutu dan kesegaran ikan, serta pengembangan produk olahan guna meningkatkan nilai jual. Untuk menunjang perluasan pasar, terutama ke wilayah regional maupun internasional, diperlukan dukungan infrastruktur transportasi yang lebih memadai dan efisien. Namun demikian, pengembangan sektor perikanan yang berorientasi pada industri dan ekspor harus direncanakan secara hati-hati dan berbasis pada prinsip-prinsip keberlanjutan, agar tidak menimbulkan tekanan tambahan terhadap dimensi ekologi ekosistem pesisir, khususnya terumbu karang.

Status Keberlanjutan Dimensi Sosial

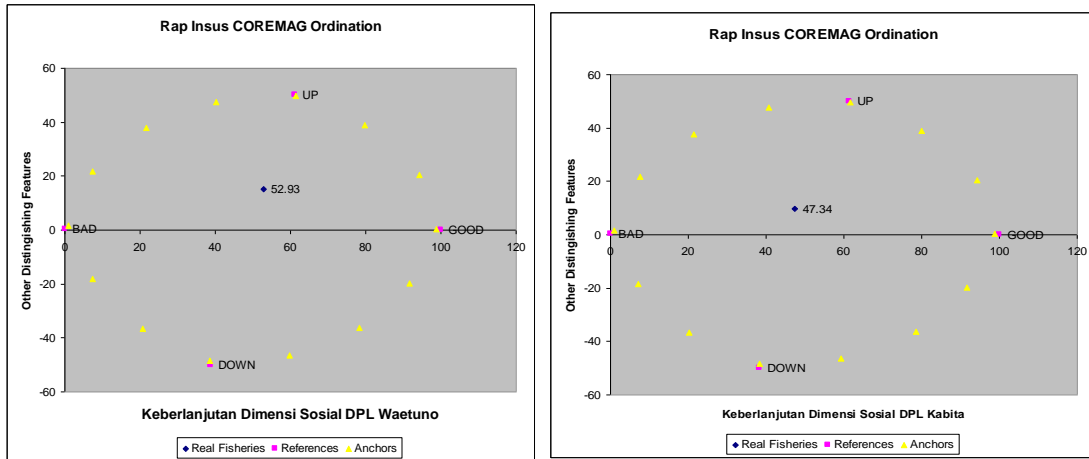
Hasil penilaian semua atribut dimensi sosial ekosistem terumbu karang, berdasarkan analisis data dan informasi, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Atribut Dimensi Sosial di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita.

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
1	Tingkat Pendidikan Masyarakat Desa	0. Mayoritas Tidak Tamat SD 1. Mayoritas Tamat SD-SMP 2. Mayoritas Tamat SMA 3. Mayoritas Tamat Diploma dan Sarjana	1	1
2	Pengetahuan lingkungan	0. Responden tidak mengetahui pentingnya menjaga dan melestarikan ekosistem terumbu karang 1. Responden mengetahui pentingnya menjaga dan melestarikan	1	1
3	Konflik pemanfaatan Sumberdaya Ikan Karang	0. Lebih Dari 5 Kali / tahun 1. 2 - 5 Kali / tahun 2. 1 Kali/tahun 3. Tidak Ada konflik	3	2
4	Pengetahuan lokal dalam pemanfaatan sumberdaya perikanan berkelanjutan	0. Tidak ada 1. Ada tapi tidak efektif 2. Ada dan efektif digunakan	1	1
5	Pemberdayaan masyarakat Nelayan	0. Tidak ada 1. Ada, belum optimal 2. Optimal	0	0
6	Mata pencaharian alternatif (MPA) <i>non</i> perikanan	0. Tidak memiliki MPA 1. Memiliki MPA	0	0
7	Jumlah rumah tangga perikanan (RTN)	0. $\geq 75\%$ dari jumlah penduduk Desa 1. 50-75% dari jumlah penduduk Desa 2. $\leq 50\%$ dari jumlah penduduk Desa	2	2

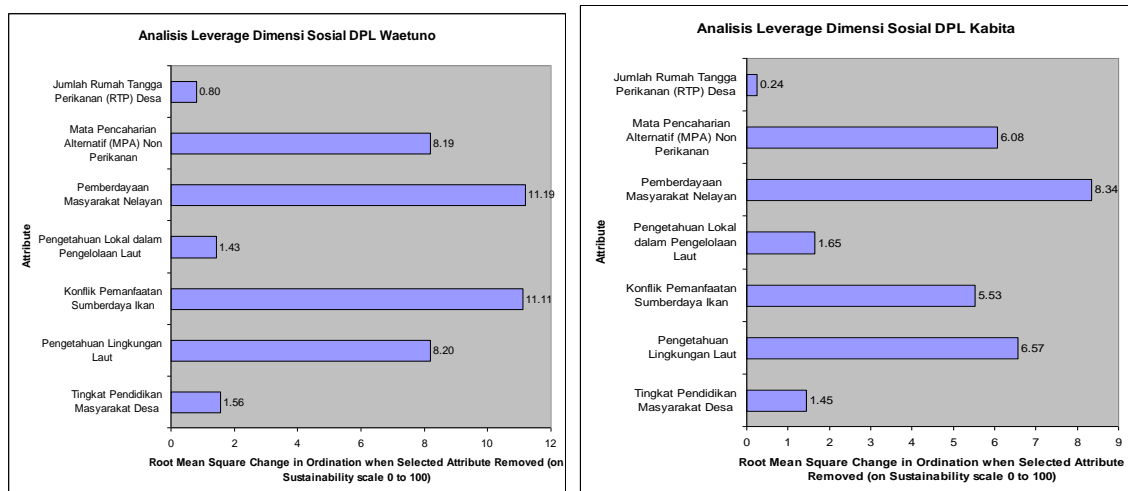
Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023.

Berdasarkan hasil analisis ordinasi Rap-Insus COREMAG terhadap tujuh atribut dimensi sosial, diperoleh nilai indeks keberlanjutan dimensi sosial DPL Kelurahan Waetuno sebesar 52,93 dan DPL Desa Kabita sebesar 47,34. Nilai indeks DPL Kelurahan Waetuno berada dalam rentang 50–79,9, yang menunjukkan status cukup berkelanjutan, sedangkan indeks DPL Desa Kabita berada pada rentang 25–49,9 dengan status kurang berkelanjutan. Visualisasi status dan hasil ordinasi dimensi sosial kedua DPL disajikan pada Gambar 6



Gambar 6. Rap Insus COREMAG Ordination Keberlanjutan Dimensi Sosial Di Masing-Masing DPL.

Analisis leverage terhadap tujuh atribut dimensi sosial menunjukkan empat atribut sensitif, yaitu pemberdayaan nelayan, konflik pemanfaatan sumber daya ikan, pengetahuan lingkungan laut, dan mata pencaharian alternatif nonperikanan. Perubahan pada atribut-atribut ini dapat memengaruhi indeks keberlanjutan dimensi sosial. Nilai masing-masing atribut disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Sensitivitas Atribut Dimensi Sosial yang Dinyatakan Dalam Perubahan *Root Mean Square* (RMS) Skala Keberlanjutan 0 – 100 pada Masing-masing DPL.

Berdasarkan analisis leverage (Gambar 7), atribut pemberdayaan masyarakat nelayan memiliki nilai RMS tertinggi di DPL Kelurahan Waetuno (8,34) dan DPL Desa Kabita (8,19), yang menunjukkan pengaruh besar terhadap keberlanjutan dimensi sosial ekosistem terumbu karang. Namun, di kedua lokasi tidak terdapat program pemberdayaan aktif. Program sebelumnya, seperti dana bergulir COREMAP II, telah berakhir sejak 2011. Padahal, pemberdayaan sangat penting dalam mendukung

pengelolaan ekosistem secara berkelanjutan, terutama mengingat rendahnya tingkat pendidikan masyarakat yang sebagian besar hanya lulusan SD dan SMP. Melalui pemberdayaan, masyarakat dapat meningkatkan kesadaran, kapasitas, serta keterlibatan dalam pelestarian sumber daya laut.

Status Keberlanjutan Dimensi Teknologi

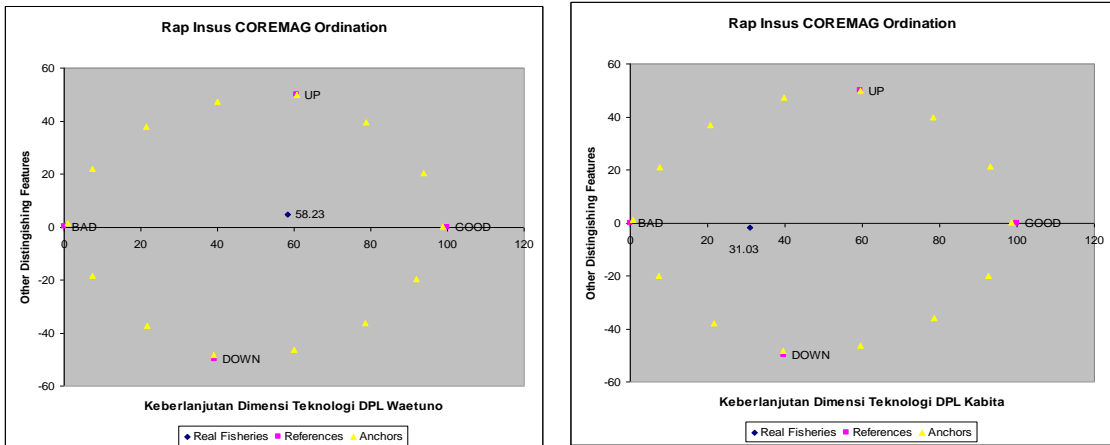
Skor semua atribut dimensi kelembagaan ekosistem terumbu karang, hasil analisis data dan informasi, disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Atribut Dimensi Teknologi di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
1	Sifat alat tangkap	0. aktif 1. Semi Aktif 2. pasif	2	2
2	Selektifitas Alat Tangkap Ikan	(0) Alat tangkap ikan menangkap > 3 jenis spesies ikan dengan ukuran yang beda jauh (1) Alat tangkap ikan menangkap 3 jenis spesies ikan dengan ukuran yang beda jauh (2) Alat tangkap ikan menangkap < 3 jenis spesies dengan ukuran yang kurang lebih sama (3) Alat tankap ikan menangkap 1 jenis spesies saja dgn ukuran yang kurang lebih sama.	1	0
3	Penangkapan ikan yang dilindungi (masuk ETP)	0. Ada 1. Tidak ada	1	1
4	Efek samping alat tangkap terhadap karang	0. responden menggunakan alat tangkap yang berefek samping (merusak) pada karang 1. responden menggunakan alat tangkap yang tidak berefek samping (merusak) pada karang	1	0
5	Metode penangkapan ikan yang bersifat <i>destruktif</i> atau <i>illegal</i>	0. frekuensi pelanggaran > 5 kasus per tahun 1. frekuensi pelanggaran 2-5 kasus per tahun 2. frekuensi pelanggaran 1 kasus per tahun 3. frekuensi pelanggaran 0 kasus per tahun	3	0
6	CPUE	(0) CPUE menurun tajam (1) CPUE menurun sedikit (2) CPUE stabil atau meningkat	1	1
7	Sarana dan prasarana pengawasan Laut Desa	0. Tidak ada perahu dan atau alat komunikasi untuk pengawasan 1. Ada perahu dan atau alat komunikasi tapi tidak efektif untuk digunakan mengawas 2. Terdapat perahu dan atau alat kominikasi yang cukup dan memadai untuk digunakan mengawas	1	1

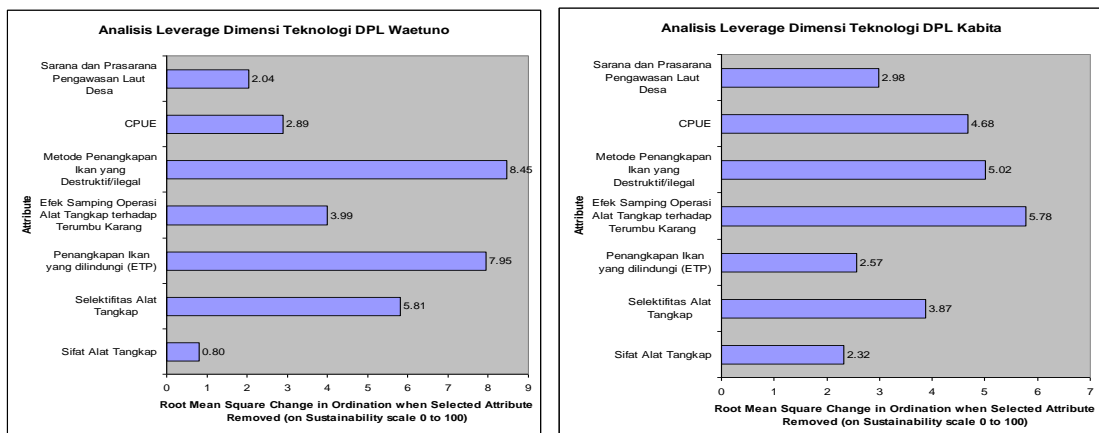
Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023

Analisis ordinasasi Rap-Insus COREMAG terhadap tujuh atribut dimensi teknologi menunjukkan bahwa DPL Kelurahan Waetuno memiliki indeks keberlanjutan sebesar 58,32 (cukup berkelanjutan), sedangkan DPL Desa Kabita sebesar 31,03 (kurang berkelanjutan). Visualisasi status dan ordinasasi dimensi teknologi masing-masing DPL ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rap Insus COREMAG Ordination Keberlanjutan Dimensi Teknologi Di Masing-Masing DPL

Analisis leverage terhadap tujuh atribut dimensi teknologi menunjukkan bahwa DPL Kelurahan Waetuno memiliki tiga atribut sensitif, yaitu metode penangkapan destruktif/ilegal, penangkapan ikan dilindungi (ETP), dan selektivitas alat tangkap. Sementara itu, DPL Desa Kabita memiliki empat atribut sensitif, yaitu efek samping alat tangkap terhadap terumbu karang, metode penangkapan destruktif/ilegal, CPUE, dan selektivitas alat tangkap. Perubahan pada atribut-atribut ini berpotensi langsung memengaruhi indeks keberlanjutan dimensi teknologi. Nilai lengkap ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai sensitivitas atribut dimensi teknologi yang dinyatakan dalam perubahan *Root Mean Square* (RMS) skala keberlanjutan 0 – 100 Pada Masing-masing DPL

Berdasarkan analisis leverage (Gambar 9), atribut metode penangkapan ikan yang destruktif atau ilegal memiliki nilai RMS tertinggi di DPL Kelurahan Waetuno sebesar 8,45, sedangkan atribut efek samping operasi alat tangkap terhadap terumbu karang memperoleh nilai RMS tertinggi di DPL Desa Kabita sebesar 5,78. Hal ini menunjukkan bahwa metode penangkapan destruktif atau ilegal memberikan pengaruh paling signifikan terhadap keberlanjutan pengelolaan ekosistem terumbu karang pada dimensi teknologi di DPL Kelurahan Waetuno. Sementara itu, di DPL Desa Kabita, efek samping dari penggunaan alat tangkap menjadi faktor utama yang memengaruhi keberlanjutan aspek teknologi dalam pengelolaan terumbu karang.

Metode penangkapan yang destruktif atau ilegal merupakan isu penting dalam keberlanjutan dimensi teknologi, karena berpotensi menimbulkan kerusakan besar pada ekosistem terumbu karang. Meskipun saat ini praktik tersebut tidak lagi terjadi di Kelurahan Waetuno, pengawasan berbasis masyarakat serta pendidikan lingkungan tetap perlu ditingkatkan untuk mencegah kemunculannya kembali. Di sisi lain, meskipun alat tangkap yang digunakan nelayan di Desa Kabita bersifat legal dan tidak destruktif, pengoperasian yang kurang hati-hati dapat tetap merusak terumbu karang. Penggunaan alat seperti bubu tindih dan jaring insang yang telah berlangsung secara turun-temurun berisiko menimbulkan dampak negatif. Oleh karena itu, diperlukan penyadaran melalui pelatihan praktik penangkapan ikan yang ramah lingkungan, khususnya di kawasan terumbu karang.

Status Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan

Hasil analisis atribut dimensi kelembagaan ekosistem terumbu karang tercantum pada Tabel 6.

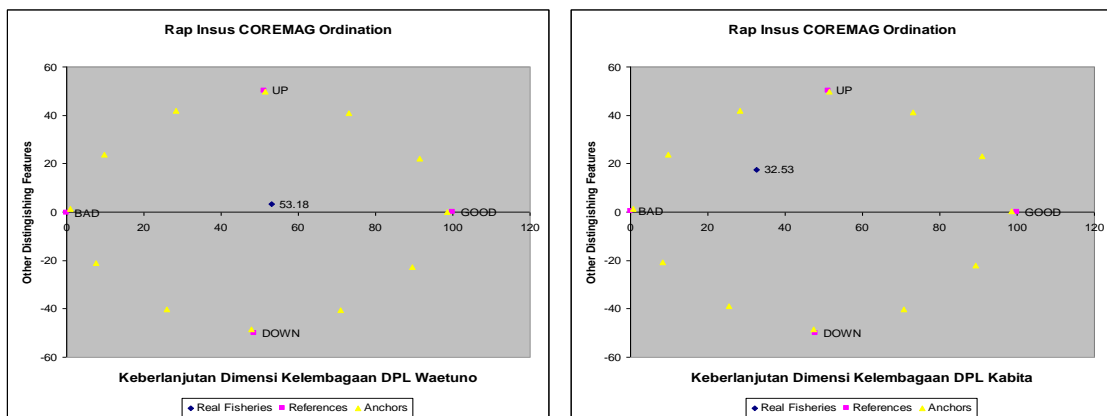
Tabel 6. Hasil Penilaian Atribut Dimensi Kelembagaan di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
1	Adanya aturan formal pengelolaan ekosistem terumbu karang	0. Tidak Ada 1. Ada tapi belum optimal berjalan 2. Ada dan optimal berjalan	1	1
2	Institusi konservasi ekosistem terumbu karang	0. Tidak Ada Lembaga 1. Ada lembaga tapi belum optimal berjalan 2. Ada lembaga dan Optimal berjalan	1	1

No	Atribut	Penilaian	Skor	
			DPL Waetuno	DPL Kabita
3	Kerjasama antar pemangku kepentingan	0. Tidak ada komunikasi antar lembaga (kebijakan berbeda kepentingan) 1. Tidak efektif Komunikasi antar lembaga 2. Antar lembaga bersinergi/berjalan baik	1	1
4	Tokoh panutan (Pelestarian Terumbu Karang)	0. Tidak ada Tokoh Panutan 1. 1 - 2 Tokoh Panutan 2. lebih dari 2 Tokoh Panutan	2	0
5	Pelaksanaan pemantauan, pengawasan	(0) Tidak ada pengawasan oleh kelompok pengawas ataupun masyarakat. (1) Pengawasan di lakukan oleh kelompok pengawas sekali-kali dan dibantu oleh masyarakat (2) Pengawasan dilakukan secara rutin oleh kelompok pengawas dan dibantu oleh seluruh masyarakat.	1	0
6	Penyadaran hukum terkait ekosistem laut	0. Tidak ada 1. Jarang dilakukan, hanya 1 kali/tahun 2. Lebih dari 1 kali/tahun	0	0

Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023.

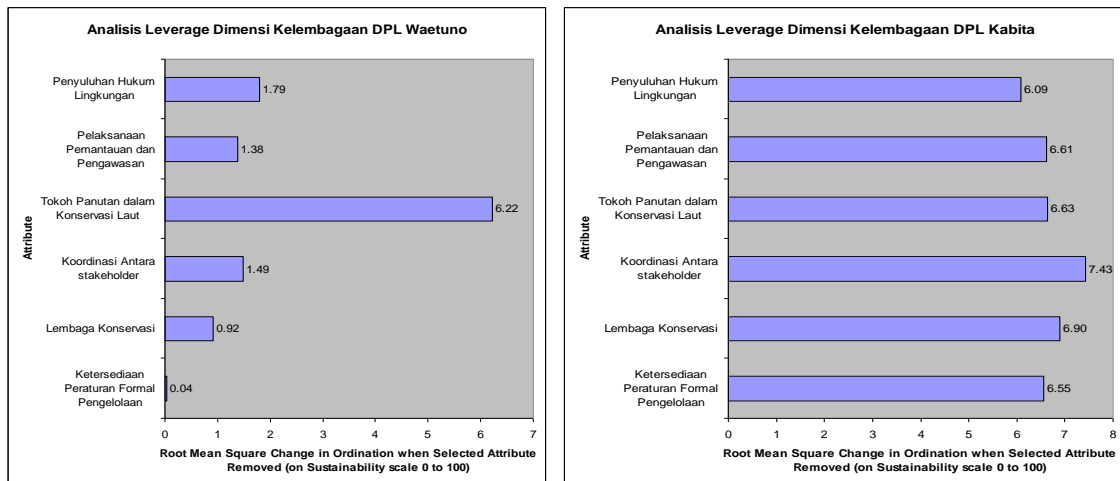
Analisis ordinas *Rap-Insus* COREMAG terhadap enam atribut dimensi kelembagaan menunjukkan bahwa DPL Kelurahan Waetuno memiliki indeks keberlanjutan sebesar 53,18 (cukup berkelanjutan), sedangkan DPL Desa Kabita sebesar 32,53 (kurang berkelanjutan). Visualisasi status dan ordinas dimensi kelembagaan kedua DPL disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Rap Insus COREMAG Ordination Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan Di Masing-Masing DPL

Analisis *leverage* terhadap enam atribut dimensi kelembagaan menunjukkan bahwa di DPL Kelurahan Waetuno terdapat dua atribut sensitif, yaitu tokoh panutan dalam konservasi laut dan penyuluhan hukum lingkungan. Sementara itu, di DPL Desa

Kabita terdapat enam atribut sensitif: koordinasi antar-stakeholder, lembaga konservasi, tokoh panutan dalam konservasi laut, pelaksanaan pemantauan dan pengawasan laut, penyuluhan hukum lingkungan, serta ketersediaan peraturan formal pengelolaan. Perubahan pada atribut-atribut ini berpotensi memengaruhi secara langsung indeks keberlanjutan dimensi kelembagaan. Nilai masing-masing atribut disajikan pada Gambar 11.

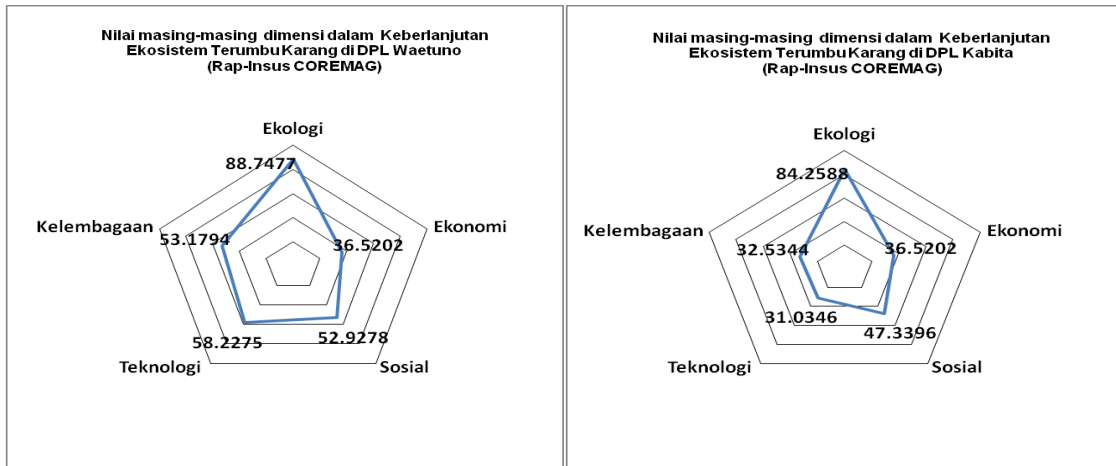


Gambar 11. Nilai Sensitivitas Atribut Dimensi Kelembagaan yang Dinyatakan Dalam Perubahan *Root Mean Square* (RMS) Skala Keberlanjutan 0 – 100 Pada Masing-Masing DPL

Berdasarkan analisis leverage (Gambar 11), atribut *tokoh panutan dalam konservasi laut* memiliki nilai RMS tertinggi di DPL Kelurahan Waetuno (6,22), sedangkan *koordinasi antar-stakeholder* menjadi atribut paling sensitif di DPL Desa Kabita dengan nilai RMS sebesar 7,43. Temuan ini menunjukkan bahwa tokoh panutan berperan penting dalam keberlanjutan kelembagaan pengelolaan terumbu karang di Waetuno, sementara efektivitas koordinasi antar-pemangku kepentingan menjadi faktor kunci di Kabita. Di Waetuno, keberadaan tokoh panutan lokal dapat menjadi agen perubahan dalam mendorong praktik konservasi yang berkelanjutan, terutama karena masyarakat cenderung lebih menerima program yang dibawa oleh figur dari komunitasnya sendiri. Oleh karena itu, upaya kaderisasi tokoh masyarakat, baik dari kalangan tua maupun muda, perlu terus dilakukan melalui pelibatan aktif dalam kegiatan pengelolaan sumber daya laut.

Di Desa Kabita, lemahnya koordinasi antar-stakeholder dipengaruhi oleh kondisi geografis desa yang terpisah dari pusat pemerintahan kecamatan dan kabupaten, sehingga menghambat komunikasi dan sinergi kelembagaan. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan sistem informasi dan komunikasi yang lebih adaptif guna menjembatani keterbatasan

jarak. Sementara itu, hasil pengukuran indeks keberlanjutan menunjukkan bahwa dimensi ekologi memiliki nilai tertinggi, yaitu 88,74% di DPL Kelurahan Waetuno dan 84,26% di DPL Desa Kabita, keduanya termasuk dalam kategori *berkelanjutan tinggi*. Sebaliknya, indeks keberlanjutan terendah di Waetuno terdapat pada dimensi ekonomi (36,52%) dan di Kabita pada dimensi teknologi (31,03%), yang keduanya tergolong *kurang berkelanjutan*. Nilai-nilai indeks keberlanjutan masing-masing dimensi ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram layang (kite diagram) keberlanjutan semua dimensi dalam manajemen ekosistem terumbu karang di DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita.

Berdasarkan diagram layang-layang (Gambar 12), dimensi ekonomi di DPL Kelurahan Waetuno merupakan aspek yang memerlukan perhatian utama dalam rangka penerapan tindakan perbaikan. Sementara itu, di DPL Desa Kabita, empat dimensi kelembagaan, teknologi, ekonomi, dan sosial—terindikasi sebagai aspek yang membutuhkan intervensi lebih lanjut untuk meningkatkan keberlanjutan pengelolaan ekosistem terumbu karang.

Untuk memastikan validitas hasil analisis *Multi-Dimensional Scaling (MDS)*, dilakukan uji *Monte Carlo* dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil Monte Carlo menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan di kedua DPL tidak mengalami perbedaan signifikan dibandingkan hasil MDS, yang mengindikasikan bahwa model analisis yang digunakan bersifat stabil dan dapat diandalkan. Perbedaan nilai indeks keberlanjutan antara MDS dan Monte Carlo untuk DPL Kelurahan Waetuno ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbedaan Indeks Keberlanjutan antara *Rap-Insus COREMAG* (MDS) dengan *Monte Carlo* di DPL Kelurahan Waetuno

Dimensi Keberlanjutan	Indeks Keberlanjutan MDS (%)	Indeks Keberlanjutan <i>Monte Carlo</i> (%)	Perbedaan (Selisih)
Ekologi	88.75	85.75	3
Ekonomi	36.52	37.09	0.57
Sosial	52.92	52.82	0.10
Teknologi	58.23	57.40	0.83
Kelembagaan	53.18	52.52	0.65

Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023

Hasil serupa juga ditemukan di DPL Desa Kabita, di mana perbedaan antara nilai MDS dan Monte Carlo relatif kecil. Ini menunjukkan bahwa hasil MDS cukup akurat dalam menggambarkan kondisi keberlanjutan masing-masing dimensi di lokasi tersebut. Rincian selisih nilai indeks keberlanjutan untuk DPL Desa Kabita disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Perbedaan Indeks Keberlanjutan antara *Rap-Insus COREMAG* (MDS) dengan *Monte Carlo* di DPL Desa Kabita

Dimensi Keberlanjutan	Indeks Keberlanjutan MDS (%)	Indeks Keberlanjutan <i>Monte Carlo</i> (%)	Perbedaan (Selisih)
Ekologi	84.26	81.11	3.15
Ekonomi	36.52	37.09	0.57
Sosial	47.33	47.26	0.07
Teknologi	31.03	31.72	0.69
Kelembagaan	32.53	33.63	1.10

Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023

Menurut Kavanagh (2001), kesalahan dalam analisis Monte Carlo dapat disebabkan oleh informasi yang tidak lengkap, ketidakkonsistenan skor akibat subjektivitas penilaian, kesalahan input data, dan nilai stres yang tinggi. Namun, hasil analisis Monte Carlo pada kedua lokasi penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat kesalahan yang signifikan pada hasil *Rap-Insus COREMAG*. Hal ini menunjukkan bahwa *Rap-Insus COREMAG* merupakan instrumen yang handal dan dapat digunakan sebagai alat penilaian keberlanjutan ekosistem terumbu karang secara ilmiah dan sistematis.

Berdasarkan hasil analisis *Rap-Insus COREMAG*, nilai *Stress* dan koefisien determinasi (R^2) dari masing-masing dimensi keberlanjutan pada DPL Kelurahan Waetuno dan DPL Desa Kabita disajikan pada Tabel 14. Nilai *Stress* yang berada di bawah 0,25 dan nilai R^2 mendekati 1 menunjukkan hasil yang baik dan dapat diterima. Hal ini sesuai dengan pendapat Kavanagh & Pitcher (2004) yang menyatakan bahwa nilai

R^2 yang mendekati 1,0 serta nilai *Stress* di bawah 0,25 merupakan indikator keakuratan hasil analisis. Dengan demikian, analisis keberlanjutan ekosistem terumbu karang menggunakan Rap-Insus COREMAG, sebagai modifikasi dari RAPFISH yang dikembangkan oleh University of British Columbia, Kanada, dapat dinyatakan valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

Tabel 14. Hasil Pengukuran Statistik dan Nilai *Stress* dan *R-squared* dengan MDS pada masing-masing DPL.

No.	Dimensi	Nilai Stress		Squared correlation (R^2)	
		DPL Wetuno	DPL Kabita	DPL Waetuno	DPL Kabita
1	Ekologi	0,13	0,13	0,95	0,95
2	Ekonomi	0,15	0,15	0,91	0,91
3	Sosial	0,14	0,14	0,93	0,93
4	Teknologi	0,14	0,14	0,94	0,94
5	Kelembagaan	0,15	0,15	0,93	0,94

Sumber : Hasil Pengolahan Data 2023

CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa status keberlanjutan ekosistem terumbu karang di DPL Kelurahan Waetuno dan Desa Kabita saat ini hanya dimensi ekologi yang keberlanjutannya dalam kategori baik sedangkan dimensi ekonomi, sosial, teknologi dan kelembagaan dalam kategori cukup sampai kurang berkelanjutan.

Untuk mempertahankan dan meningkatkan keberlanjutan ekosistem terumbu karang berbasis ekosistem maka pemerintah perlu meningkatkan peran dan kapasitas POKMASWAS, pengaturan selektifitas alat tangkap ikan, pelibatan tokoh masyarakat dalam setiap tahap pengelolaan sumberdaya kelautan, pembentukan kader-kader konservasi, pemberdayaan masyarakat nelayan, menciptakan mata pencaharian alternatif non perikanan, sosialisasi dan pendidikan lingkungan bagi masyarakat nelayan.

REFERENCES

- Kadek Vicky Cintya Dewi, Rahmadiva Pradesti, Siti Nurlaela, Yunita Murnisari, Ade Suryanda, Nailul Rahmi Aulya (2023). DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DAN AKTIVITAS MANUSIA TERHADAP KERUSAKAN EKOSISTEM TERUMBU KARANG DAN BIOTA LAUT DI SEKITARNYA. *Panthera :Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan terapan*. 3(1), 8-14. Diambil di <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/panthera/article/view/138>
- Eddy, T. D., Lam, V. W. Y., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A. M., Greer, K., Palomares, M. L. D., & Cheung, W. W. L. (2021). GLOBAL DECLINE IN

- CAPACITY OF CORAL REEFS TO PROVIDE ECOSYSTEM SERVICES. *One Earth*, 4(9), 1271–1279. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>
- Ramadhani, R. A., Damar, A., & Madduppa, H. (2015). ANALISIS KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN EKOSISTEM TERUMBU KARANG DI KECAMATAN SIANTAN TENGAH, KABUPATEN KEPULAUAN ANAMBAS. Technical Report, Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/79329>
- Adriman, Purbayanto, A., Budiharso,S., dan Damar,A. 2012. ANALISIS KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN EKOSISTEM TERUMBU KARANG DI KAWASAN KONSERVASI LAUT DAERAH BINTAN TIMUR KEPULAUAN RIAU. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 17,1 (2012) : 1-15
- Direktorat Sumberdaya Ikan Kementerian Kelautan dan Perikanan, WWF Indonesia, dan PKSPL-IPB. 2012. MODUL PENILAIAN PENDEKATAN EKOSISTEM DALAM PENGELOLAAN PERIKANAN (EKOSISTEM APPROACH TO FISHERIES MANAGEMENT). Training EAFM. Bogor.
- PMU COREMAP II Kabupaten Wakatobi. 2011. LAPORAN IMPLEMENTASI PMU KABUPATEN WAKATOBI T.A. 2005-2011. Wangi-Wangi : Program COREMAP II Kabupaten Wakatobi.
- Arifin T. 2008. AKUNTABILITAS DAN KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN KAWASAN TERUMBU KARANG DI SELAT LEMBEH, KOTA BITUNG. [Disertasi], Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Malhotra, N. K. (2006). *MARKETING RESEARCH: AN APPLIED ORIENTATION (5TH ED.)*. Pearson Education International.
- Kavanagh, P., & Pitcher, T. J. (2004). IMPLEMENTING MICROSOFT EXCEL SOFTWARE FOR RAPFISH: A TECHNIQUE FOR THE RAPID APPRAISAL OF FISHERIES STATUS. Vancouver: Fisheries Centre Research Reports, University of British Columbia, 12(2), 1–75. <https://www.fisheries.ubc.ca/node/3982>
- Fauzi. A dan Anna, S. 2005. PEMODELAN SUMBER DAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Fauzi. A dan Anna, S. 2002. EVALUASI STATUS KEBERLANJUTAN PEMBANGUNAN PERIKANAN, APLIKASI RAPFISH, STUDI KASUS PERAIRAN PESISIR DKI JAKARTA. *Jurnal Pesisir dan Lautan*. Vol. 4(3)
- Kavanagh, P. (2001). RAPFISH SOFTWARE FOR RAPID APPRAISAL OF FISHERIES STATUS. Vancouver: Fisheries Centre, University of British Columbia.
- Pitcher, T. J., & Preikshot, D. (2001). RAPFISH: A RAPID APPRAISAL TECHNIQUE TO EVALUATE THE SUSTAINABILITY STATUS OF FISHERIES. *Fisheries Research*, 49(3), 255–270. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00205-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00205-8)