

Analisis kesesuaian lahan budidaya keramba jaring apung berbasis daya dukung lingkungan di Desa Apal Kabupaten Banggai Kepulauan

Analysis of the suitability of floating net cage cultivation land based on environmental carrying capacity in Apal Village, Banggai Islands Regency

Received: 13 November 2025, Revised: 24 November 2025, Accepted: 24 November 2025

DOI: 10.29103/aa.v12i3.25254

Toto Prayitno Kumeri^{a*}, Yuniarti Koniyo^a, dan Juliana^a

^a Marine Science Study Program, Faculty of Postgraduates, Gorontalo State University, Jalan Jenderal Sudirman No. 6, Kel. Wumialo, Kec. Kota Tengah, Gorontalo City 96135, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung lingkungan perairan dan faktor-faktor yang memengaruhi pengembangan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) di Desa Apal, Kecamatan Liang, Kabupaten Banggai Kepulauan. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode survei lapangan, meliputi pengukuran parameter fisika, kimia, dan biologi perairan serta analisis sosial, ekonomi, hukum, dan kelembagaan masyarakat pesisir. Data fisika-kimia dianalisis secara deskriptif-komparatif berdasarkan *Kepdirjen PRL No. 55 Tahun 2023*, sedangkan faktor sosial-ekonomi dianalisis menggunakan regresi linier berganda dengan bantuan perangkat lunak SPSS 26. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kesesuaian lahan bervariasi antarstasiun; suhu dan arus umumnya masih sesuai, namun salinitas dan nitrat melebihi ambang batas; amoniak berada dalam kategori sangat sesuai (S1), sementara fosfat tinggi di beberapa titik (N). Keanekaragaman plankton tergolong sedang ($H' 2,232-2,980$), menandakan stabilitas ekosistem yang cukup baik. Secara sosial, ekonomi, dan kelembagaan, faktor sosial dan ekonomi berpengaruh positif terhadap daya dukung lingkungan meskipun tidak signifikan, sedangkan kelembagaan berpengaruh negatif karena lemahnya koordinasi dan pengawasan. Kesimpulannya, perairan Desa Apal masih memiliki potensi untuk pengembangan KJA secara berkelanjutan, namun diperlukan mitigasi terhadap salinitas tinggi, pengendalian beban nutrisi, dan penguatan kelembagaan agar daya dukung lingkungan tetap terjaga.

Kata kunci: Daya Dukung Lingkungan; Ekonomi; Faktor Sosial; Keramba Jaring Apung; Kualitas Perairan

Abstract

This study aims to analyze the carrying capacity of the aquatic environment and the factors that affect the development of Floating Net Cage (KJA) cultivation in Apal Village, Liang District, Banggai Islands Regency. The approach used is quantitative with a field survey method, including the measurement of physical, chemical, and biological parameters of the waters as well as social, economic, legal, and institutional analysis of coastal communities. Physico-chemical data were analyzed descriptively-comparatively based on *the Decree of the Director General of PRL No. 55 of 2023*, while socio-economic factors were analyzed using multiple linear regression with the help of SPSS 26 software. The results of the study show that the condition of land suitability varies between stations; temperature and general current are still appropriate, but salinity and nitrates exceed thresholds; Ammonia is in the highly appropriate category (S1), while phosphate is high at some points (N). Plankton diversity is moderate ($H' 2,232-2,980$), indicating fairly good ecosystem stability. Socially, economically, and institutionally, social and economic factors have a positive effect on the carrying capacity of the environment although it is not significant, while institutions have a negative effect due to weak coordination and supervision. In conclusion, the waters of Apal Village still have the potential for sustainable KJA development, but mitigation of high salinity, nutrient load control, and institutional strengthening are needed so that the carrying capacity of the environment is maintained.

Keywords: Economic; Environmental Carrying Capacity; Floating Net Cages; Social; Water Quality

1. Introduction

Kabupaten Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah, memiliki wilayah perairan laut yang sangat potensial untuk pengembangan sektor perikanan budidaya. Luas wilayah perairan laut yang mencapai $\pm 20.309 \text{ km}^2$, serta letaknya yang strategis di Zona II Teluk Tomini dan Zona III Teluk Tolo-dua kawasan yang dikenal memiliki kekayaan sumber daya hayati laut

* Korespondensi: Marine Science Study Program, Faculty of Postgraduates, Gorontalo State University
Tel: +62-82191710309
e-mail: toto_s2kelautan@mahasiswa.ung.ac.id

dan mendukung aktivitas perikanan tangkap maupun budidaya secara berkelanjutan (Pontoh et al., 2023).

Salah satu kawasan yang merepresentasikan potensi tersebut adalah Desa Apal, secara teknis maupun ekologis desa ini tepat untuk dijadikan lokasi budidaya karena terletak di antara beberapa pulau pulau kecil, sehingga terlindung dari pengaruh pengrusakaan secara langsung dari ombak, Dasar perairannya berupa pasir bercampur karang, kecepatan arus 20-40 cm/dt, salinitas 29-33 ppt dan suhu berkisar antara 28-33^oC dan kecerahan 3-6 meter (Amin et al., 2005).

Data sebelumnya menunjukkan potensi budidaya di Desa Apal, namun kini sudah tidak relevan karena usia data telah mencapai 20 tahun. Selama rentang waktu tersebut, perubahan iklim, aktivitas manusia, dan dinamika lingkungan pesisir kemungkinan besar telah mengubah kondisi fisik dan ekologi perairan. Data lama juga hanya mencakup parameter fisik dasar, belum mencakup aspek kimia, biologi, serta sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Saat ini, mulai terlihat adanya penurunan jumlah pembudidaya KJA di wilayah tersebut, yang mengindikasikan berkurangnya daya dukung dan kemungkinan ketidaksesuaian lahan untuk budidaya berkelanjutan. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian baru pada tahun 2025 yang tidak hanya memperbarui data, tetapi juga melakukan analisis kesesuaian lahan secara menyeluruh.

Analisis ini diperlukan untuk menilai kembali apakah wilayah perairan Desa Apal masih memenuhi syarat secara ekologis, teknis, dan sosial untuk pengembangan budidaya KJA, serta sebagai dasar perencanaan pengelolaan perairan yang berkelanjutan dan adaptif terhadap kondisi terkini.

Secara ekologis dan geografis yang dimiliki Desa Apal, Penerapan Keramba Jaring Apung (KJA) menjadi alternatif yang paling adaptif dan efisien dalam pengembangan perikanan budidaya laut, namun penting untuk memperhatikan daya dukung lingkungan (Andriani et al., 2024). Sistem KJA tidak hanya memungkinkan pemanfaatan ruang laut secara optimal, tetapi juga memiliki fleksibilitas tinggi dalam adaptasi terhadap kondisi oseanografi yang dinamis (Anhar 2023). Menurut (Rahmadhani et al., 2023) KJA telah banyak digunakan di berbagai wilayah kepulauan di Indonesia karena kemampuannya dalam menghasilkan komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi dengan tetap memperhatikan prinsip keberlanjutan.

Berdasarkan ketentuan dalam *Peraturan BSN RI No. 14 Tahun 2019* yang merupakan perubahan atas *Peraturan No 2 Tahun 2019* tentang Skema Penilaian Kesesuaian terhadap Standar Nasional Indonesia di sektor pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan, dijelaskan bahwa desain, tata letak, serta fasilitas pembesaran ikan harus dirancang secara optimal untuk menjamin kualitas dan mencegah terjadinya kontaminasi silang.

Pertama, lokasi dan penempatan unit Keramba Jaring Apung (KJA) wajib berada di area yang terlindungi dari potensi pencemaran selama seluruh tahapan produksi, mulai dari pra-produksi, kegiatan budidaya, hingga proses pascapanen. Kedua, tata letak unit KJA harus memperhitungkan arah dan jarak pergerakan arus perairan guna meminimalisir risiko penyebaran kontaminasi antar unit budidaya. Oleh karena itu, pembagian area kegiatan dalam sistem KJA harus dilakukan secara terpisah dan sistematis, termasuk memperhatikan kedalaman perairan sebagai salah satu faktor penentu efektivitas budidaya. Ketiga, seluruh fasilitas yang digunakan untuk pengelolaan dan penanganan limbah dalam kegiatan pembesaran ikan wajib memenuhi standar yang ditetapkan, guna memastikan keberlanjutan lingkungan dan keamanan hasil perikanan.

Perairan Desa Apal secara umum memenuhi parameter teknis tersebut, sehingga berpeluang besar untuk dikembangkan menjadi kawasan budidaya laut yang produktif dan

berkelanjutan. Namun, pengembangan KJA di Desa Apal perlu dilakukan dengan didahului kajian kesesuaian lahan dan daya dukung lingkungan secara ilmiah. Menurut (Rahmadhani et al., 2023) KJA harus di desain sesuai dengan karakteristik perairan lokal, seperti kekuatan arus, gelombang, dan stabilitas keramba.

Menurut (Marasabessy et al., 2021) bahwa pemilihan lokasi budidaya KJA tanpa kajian kesesuaian lahan dapat memicu degradasi lingkungan akibat akumulasi sisa pakan dan limbah organik, serta menurunkan produktivitas jangka panjang. Kajian ini penting karena kualitas air merupakan indikator utama yang mencerminkan kondisi suatu perairan, yang menjadi dasar penilaian kelayakan untuk dikembangkan, khususnya sebagai lokasi budidaya Keramba Jaring Apung (Diniariwisn and Sumsanto 2024).

Selain aspek biofisik, keberhasilan keramba jaring apung juga dipengaruhi oleh aspek sosial ekonomi, hukum, dan kelembagaan (Tetelepta et al., 2021). di Desa Apal berdasarkan observasi awal yang dilakukan peneliti aspek pembudidaya dan aspek legalitas lahan budidaya masih lemah. Hingga saat ini belum tersedia kajian terpadu yang menganalisis kesesuaian lahan berbasis daya dukung lingkungan laut sekaligus mengkaji aspek sosial ekonomi, hukum, dan kelembagaan untuk dasar penyusunan strategi pengembangan KJA di Desa Apal. Dengan demikian maka kesenjangan penelitian ini menjadi celah penting yang perlu diisi, agar pembangunan budidaya KJA di wilayah Desa Apal dapat dirancang secara tepat dan berkelanjutan.

2. Materials and Methods

2.1. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei lapangan, yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis dua komponen utama: (1) daya dukung lingkungan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA), dan (2) faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan budidaya KJA di Desa Apal, Kabupaten Banggai Kepulauan.

Komponen pertama berfokus pada analisis daya dukung lingkungan yang mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023 tentang Pedoman Teknis Penghitungan Daya Dukung Kegiatan Pemanfaatan Kawasan Konservasi. Indikator yang digunakan meliputi parameter fisika (kedalaman, suhu, arus), parameter kimia (salinitas, pH, oksigen terlarut), dan parameter biologi (kelimpahan plankton). Data ini dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan dengan alat ukur kualitas air dan pengambilan sampel biota yang akan di Uji di LAB, serta dikonfirmasi melalui data sekunder dari Dinas Kelautan dan Perikanan.

Komponen kedua adalah identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pengembangan KJA. Pengumpulan data dilakukan dengan kuesioner terstruktur yang disebar kepada responden kunci, yaitu pembudidaya, tokoh masyarakat pesisir, aparat desa, serta petugas teknis terkait. Faktor yang dianalisis meliputi aspek sosial (penerimaan masyarakat, konflik pemanfaatan ruang), aspek ekonomi (biaya produksi, akses pasar), aspek hukum (izin usaha, peraturan zonasi), dan aspek kelembagaan (peran kelompok tani, dukungan pemerintah).

Data dianalisis secara deskriptif statistik untuk mengetahui persebaran jawaban responden, serta regresi linier berganda untuk menguji pengaruh simultan dan parsial dari masing-masing faktor terhadap strategi pengembangan budidaya. Dengan desain ini, penelitian ini tidak hanya mengkaji kelayakan lingkungan secara ilmiah, tetapi juga membangun pemahaman sistemik mengenai kondisi sosial-ekonomi dan kelembagaan yang mendukung pengelolaan budidaya laut secara berkelanjutan.

2.2. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan di awali dengan pengambilan sampel di 5 stasiun, uji data di laboratorium kelautan Universitas Negeri Gorontalo dan penyebaran kuesioner pada masyarakat Desa Apal Penelitian dilaksanakan di Desa Apal, Kecamatan Liang Kabupaten Banggai Kepulauan Provinsi Sulawesi Tengah dengan titik koordinat-1,4704988" N 123,2619318" E

2.3. Populasi, sampel, dan subyek penelitian

2.3.1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh wilayah perairan pesisir di Desa Apal yang telah di tentukan titik pengambilan sampelnya yang berpotensi untuk budidaya Keramba Jaring Apung (KJA). Populasi dari penyebaran kusioner yaitu mencakup para pelaku budidaya pembudidaya, tokoh masyarakat, serta pihak pemerintah desa yang terlibat dalam pengelolaan sumber daya perairan Desa Apal.

3.3.2. Sampel fisika-kimia dalam penelitian

Titik-titik pengamatan kualitas air dan parameter lingkungan yang dipilih secara purposive berdasarkan tingkat representasi kondisi perairan. Titik pengamatan ini diambil berdasarkan sebaran lokasi potensial dan eksisting budidaya KJA di Desa Apal. Titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 1. Stasiun pengambilan sampel.

Pengambilan sampel pada lima titik sampel di wilayah pesisir Desa Apal dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan aspek representasi spasial, variasi ekosistem perairan, serta aktivitas budidaya di sekitar kawasan. Berikut penjelasan masing-masing titik.

- Stasiun 1 Terletak di wilayah paling selatan yang berbatasan langsung dengan daratan mangrove dan aliran air darat, titik ini dipilih untuk melihat pengaruh input bahan organik dari darat dan vegetasi pesisir terhadap parameter kualitas air.
- Stasiun 2, Berdekatan dengan pemukiman pesisir dan area pelabuhan kecil, titik ini mewakili zona transisi antara aktivitas manusia dan perairan budidaya, serta penting untuk menilai potensi yang ada.
- Stasiun 3, Terletak di kawasan budidaya eksisting yang cukup padat (keramba jaring apung aktif), titik ini berfungsi sebagai titik kontrol utama untuk menganalisis dampak langsung aktivitas budidaya terhadap kualitas lingkungan.
- Stasiun 4, Mengarah ke perairan yang lebih terbuka, titik ini digunakan untuk membandingkan dinamika kualitas air di luar area padat pemukiman dan budidaya, serta

sebagai pembanding alami dari kondisi perairan yang relatif lebih bersih.

- Stasiun 5, Terletak dekat dengan mulut teluk dan muara kecil serta berdekatan dengan permukiman padat, titik ini dipilih untuk melihat dampak kombinasi aktivitas domestik dan aliran masuk air dari daratan terhadap kualitas perairan.

3.3.3. Sampel responden aspek sosial-ekonomi

Sampel responden yang di teliti berdasarkan kuisisioner terdiri atas pelaku budidaya, aparat desa, dan masyarakat pesisir yang dipilih dengan teknik purposive sampling untuk mengumpulkan data persepsi, tantangan, dan strategi pengembangan KJA berbasis daya dukung lingkungan. Jumlah responden ditentukan dengan mempertimbangkan keterwakilan informasi dari tiap kelompok masyarakat dan pemangku kepentingan yaitu berjumlah 85 responden.

2.4. Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh data primer dan sekunder yang sesuai dalam menilai daya dukung lingkungan dan merumuskan strategi pengembangan budidaya KJA. Adapun teknik yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.4.1. Observasi lapangan (Insitu)

Pengamatan langsung dilakukan di lima titik pengambilan sampel di perairan Desa Apal, sebagaimana ditampilkan dalam peta sebaran titik. Parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, pH, kecerahan, dan arus diukur secara insitu menggunakan alat ukur lapangan seperti multiparameter water quality meter dan secchi disk.

2.4.2. Uji laboratorium

Sampel air dari setiap titik kemudian dianalisis lebih lanjut di laboratorium untuk mengukur parameter-parameter seperti DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), amonia (NH_3), dan nitrat (NO_3). Analisis laboratorium dilakukan sesuai dengan standar metode SNI 6989.

2.4.3. Penyebaran kuesioner

Untuk memperoleh data sosial, ekonomi, hukum dan kelembagaan maka disebarkan kuesioner kepada responden terpilih yaitu kepada masyarakat pesisir, aparat desa, dan tokoh masyarakat Desa Apal.

Dalam penelitian ini, parameter kualitas air yang diamati dibedakan berdasarkan metode pengumpulan data, yakni secara insitu di lapangan dan melalui analisis laboratorium. Pemilihan parameter mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang sesuai untuk evaluasi daya dukung lingkungan budidaya laut, khususnya budidaya Keramba Jaring Apung (KJA). Selain parameter fisik dan kimia, aspek biologis seperti keberadaan plankton juga diperhitungkan sebagai indikator produktivitas perairan. Semua hasil penelitian biofisika yang telah di uji lab akan di bandingkan dengan pengukuran biofisik dan kualitas perairan untuk kegiatan budidaya keramba jaring apung dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023 tentang Pedoman Teknis Penghitungan Daya Dukung Kegiatan Pemanfaatan Kawasan Konservasi disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1

Parameter pengukuran biofisik dan kualitas perairan untuk kegiatan budidaya keramba jaring apung.

Faktor/Parameter	Bobot	Kelas Kriteria Kesesuaian dan Skor					
		S1	Skor	S2	Skor	N	Skor
Suhu Air (°C)	5	29-30	3	26-29	2	<26 dan >30	1
Kadar garam/salinitas (%)	5	25-30	3	>30-33	2	<25, >33	1
Arus (cm/detik)	4	<0,75	3	0,76-1,0	2	>1	1
Tinggi Gelombang (m)	4	<0,5	3	0,5-1,0	2	>1	1
Kedalaman (m)	4	4,0-7,0	3	7,1-10,0	2	<4, >10	1
Oksigen Terlarut (mg/l)	3	> 6	3	3-<6	2	<3	1
pH Perairan	3	6,6-8,0	3	6,0-6,5	2	<6,0,>8,0	1
Nitrat (mg/l)	2	<0,1	3	0,1-0,9	2	>0,9	1
Phospat (mg/l)	2	<0,1	3	0,1-0,9	2	>0,9	1
Jarak dari Alur Pelayaran dan Kawasan lainnya (m)	2	>500	3	300-500	2	>300	1

Keterangan: S1 (Sangat Sesuai), S2 (Sesuai), N (Tidak Sesuai)

2.5. Teknik analisis data

Teknik analisis data dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan untuk mengevaluasi daya dukung lingkungan perairan terhadap budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) di Desa Apal serta menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi strategi pengembangannya. Secara umum, analisis dilakukan dalam dua bagian utama, yaitu: (1) analisis daya dukung lingkungan, dan (2) analisis faktor sosial, ekonomi, hukum, dan kelembagaan.

2.5.1. Analisis daya dukung lingkungan

Analisis daya dukung lingkungan dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran parameter kualitas air terhadap nilai ambang batas yang tercantum dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023 tentang Pedoman Teknis Penghitungan Daya Dukung Kegiatan Pemanfaatan Kawasan Konservasi dan pedoman teknis kualitas air untuk budidaya laut lainnya. Data parameter fisik, kimia, dan biologis dianalisis secara deskriptif-komparatif, dengan pendekatan sebagai berikut.

Parameter fisik, kimia dan Parameter biologis (kelimpahan plankton) (suhu, salinitas, pH, arus, DO, BOD, COD, amonia, dan nitrat) dianalisis menggunakan statistik deskriptif (mean, minimum, maksimum, standar deviasi), lalu dibandingkan dengan standar kualitas air budidaya laut. Keragaman plankton dihitung dengan indeks Shanon-Wiener. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan kriteria kesesuaian lahan (sangat sesuai, sesuai, kurang sesuai, tidak sesuai) berdasarkan pendekatan skoring dan pembobotan, yang diturunkan dari pedoman evaluasi daya dukung lingkungan budidaya laut Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023 tentang Pedoman Teknis Penghitungan Daya Dukung Kegiatan Pemanfaatan Kawasan Konservasi.

2.5.2. Analisis faktor sosial, ekonomi, hukum, dan kelembagaan

Data kuantitatif hasil kuesioner dianalisis dengan pendekatan statistik inferensial, menggunakan teknik Regresi Linier Berganda untuk mengetahui pengaruh simultan dan parsial masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen, yaitu kesesuaian lahan untuk budidaya KJA. Model regresi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2

Model regresi linier.

Komponen	Penjelasan
Model Regresi Y (Variabel Dependen)	$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + e$ Kesesuaian lahan untuk budidaya KJA
X ₁	Faktor Sosial (partisipasi masyarakat dalam pemanfaatan pesisir laut desa Apal)
X ₂	Faktor Ekonomi (biaya produksi, akses pasar)
X ₃	Faktor Hukum (kepastian hukum, izin usaha)
X ₄	Faktor Kelembagaan (dukungan kelembagaan lokal)
a	Konstanta (nilai Y jika semua X = 0)
b ₁ , b ₂ , b ₃ , b ₄	Koefisien regresi (menunjukkan besarnya pengaruh masing-masing faktor X)
e	Error (pengaruh variabel lain yang tidak diamati)

Analisis ini diolah menggunakan perangkat lunak statistik SPSS 26

3. Results and Discussion

3.1. Results

Hasil penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung lingkungan perairan serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pengembangan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) di Desa Apal, Kecamatan Liang, Kabupaten Banggai Kepulauan. Tujuan tersebut diarahkan untuk memberikan gambaran empiris yang menyeluruh mengenai kondisi ekosistem pesisir sekaligus kapasitas sosial, ekonomi, hukum dan kelembagaan masyarakat dalam mendukung pengelolaan budidaya laut yang berkelanjutan. Penelitian ini berupaya menilai keterpaduan antara aspek biofisik dan sosial sebagai dasar pengambilan kebijakan pengelolaan sumber daya perairan yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

Data penelitian diperoleh dari dua jenis sumber utama, yakni data primer dan sekunder. Data primer meliputi hasil pengukuran langsung parameter fisika, kimia, dan biologi perairan, yang selanjutnya diuji di Laboratorium Kelautan Universitas Negeri Gorontalo untuk memastikan validitas hasil pengamatan. Parameter fisika yang diukur mencakup suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), kecepatan arus, serta total padatan terlarut (TDS), kemudian faktor kimia yang ukur adalah Nitrat (NO₃), Amoniak (NH₃) dan Fosfat (PO₄) yang menjadi indikator penting dalam menilai kesesuaian perairan untuk kegiatan budidaya laut.

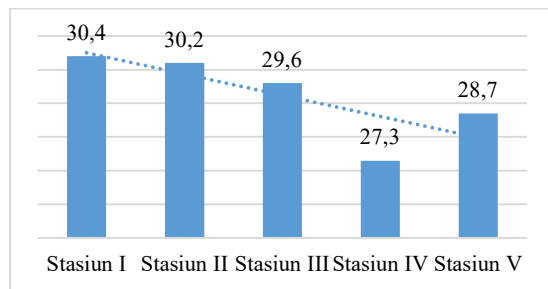
Sementara itu, data sosial, ekonomi, hukum dan kelembagaan diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada 85 responden masyarakat pesisir, yang terdiri dari pembudidaya, nelayan, aparat desa, dan tokoh masyarakat yang berperan dalam pengelolaan sumber daya kelautan. Tingkat pengembalian kuesioner mencapai 100%, menandakan adanya antusiasme dan kepedulian masyarakat terhadap pengembangan budidaya KJA. Seluruh data sosial dinyatakan memenuhi kriteria kelayakan analisis dan diolah menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26 untuk memperoleh hasil statistik yang akurat dan objektif. Secara metodologis, analisis hasil penelitian ini dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama berfokus pada analisis daya dukung lingkungan perairan, yang dilakukan melalui pengukuran berbagai parameter kualitas air guna menilai tingkat kesesuaian lokasi budidaya.

Nilai hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan baku mutu perairan berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal

Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023 Tentang Pedoman Teknis Penghitungan Daya Dukung Kegiatan Pemanfaatan Kawasan Konservasi (Kepdirjen PRL No. 55 Tahun 2023) dan pedoman teknis kualitas air untuk kegiatan budidaya laut. Tujuan analisis ini adalah untuk menentukan kategori kesesuaian lingkungan, mulai dari sangat sesuai (S1), sesuai bersyarat (S2), hingga tidak sesuai (N), yang menggambarkan potensi ekologis perairan Desa Apal dalam mendukung keberlanjutan budidaya ikan laut.

Sementara itu, bagian kedua menitikberatkan pada analisis faktor-faktor yang memengaruhi daya dukung lingkungan dan pengembangan budidaya KJA. Aspek-aspek yang dikaji meliputi dimensi sosial, ekonomi, hukum, dan kelembagaan masyarakat pesisir. Analisis ini menggunakan regresi linier berganda untuk mengetahui pengaruh simultan dan parsial dari masing-masing faktor terhadap tingkat kesesuaian lahan budidaya. Melalui pendekatan ini, peneliti berupaya mengungkap sejauh mana interaksi antara kondisi lingkungan fisik dan kapasitas sosial masyarakat dapat berperan dalam menentukan keberhasilan sistem budidaya laut di Desa Apal.

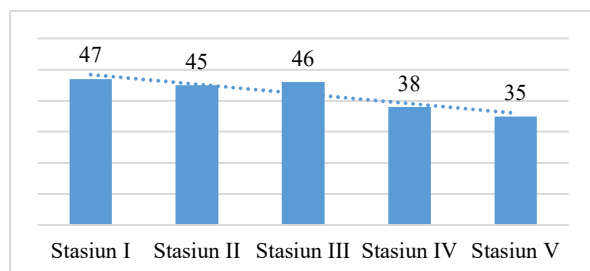
3.1.1. Parameter fisika perairan pada setiap stasiun



Gambar 1. Suhu perairan pada setiap stasiun pengamatan.

Berdasarkan hasil pengukuran suhu perairan di Desa Apal, nilai suhu pada setiap stasiun menunjukkan variasi yang mencerminkan tingkat kesesuaian lingkungan terhadap kegiatan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA). Mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023, kisaran suhu optimal untuk kategori sangat sesuai (S1) adalah 29–30°C, cukup sesuai (S2) antara 26–<29°C, dan tidak sesuai (N) apabila suhu berada di bawah 26°C atau melebihi 30°C.

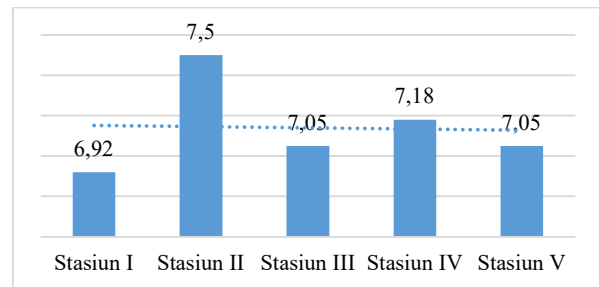
Hasil penelitian menunjukkan bahwa Stasiun I (30,4°C) dan Stasiun II (30,2°C) termasuk kategori tidak sesuai (N) karena melebihi batas optimal. Stasiun III (29,6°C) berada dalam kisaran sangat sesuai (S1), sedangkan Stasiun IV (27,3°C) dan Stasiun V (28,7°C) tergolong cukup sesuai (S2). Dengan demikian, kondisi suhu di lokasi penelitian secara umum masih mendukung kegiatan budidaya, meskipun beberapa stasiun menunjukkan suhu yang sedikit melampaui ambang batas optimal akibat pengaruh intensitas cahaya matahari dan sirkulasi perairan yang bervariasi.



Gambar 2. Salinitas perairan pada setiap stasiun pengamatan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tingkat salinitas di seluruh stasiun pengamatan berada di atas kisaran ideal untuk kegiatan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA), yaitu 25–33 ppt sebagaimana diatur dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023. Nilai salinitas tercatat sebesar 47 ppt pada Stasiun I, 45 ppt pada Stasiun II, 46 ppt pada Stasiun III, 38 ppt pada Stasiun IV, dan 35 ppt pada Stasiun V. Seluruh nilai tersebut melebihi batas maksimum kesesuaian (>33 ppt) dan dikategorikan tidak sesuai (N). Kondisi ini menunjukkan bahwa perairan di lokasi penelitian memiliki tingkat keasinan yang sangat tinggi, kemungkinan dipengaruhi oleh intensitas penguapan yang tinggi dan minimnya suplai air tawar dari daratan.

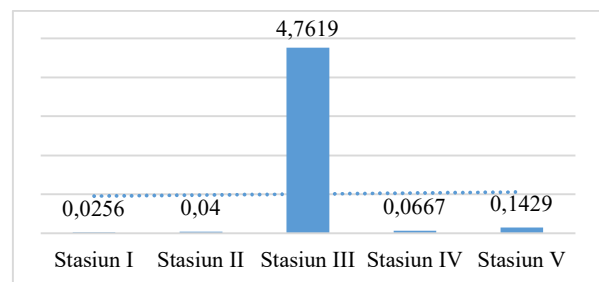
Salinitas yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan osmotik dan proses fisiologis organisme budidaya, terutama bagi ikan laut yang memiliki toleransi salinitas terbatas. Dengan demikian, diperlukan strategi mitigasi seperti pemilihan spesies euryhaline atau penentuan lokasi budidaya pada area dengan pengenceran alami yang lebih baik agar kegiatan KJA tetap berkelanjutan.



Gambar 3. Nilai pH perairan pada setiap stasiun pengamatan.

Hasil pengukuran pH perairan di seluruh stasiun menunjukkan kondisi yang sangat sesuai (S1) untuk kegiatan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA). Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023, kisaran pH ideal bagi perairan budidaya adalah 6,6–8,0. Nilai pH yang terukur yaitu 6,92 pada Stasiun I, 7,5 pada Stasiun II, 7,05 pada Stasiun III, 7,18 pada Stasiun IV, dan 7,05 pada Stasiun V, seluruhnya berada dalam kisaran optimal tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa perairan di lokasi penelitian bersifat netral hingga sedikit basa, yang mendukung aktivitas biologis seperti fotosintesis, respirasi plankton, dan metabolisme ikan.

Stabilitas pH di semua stasiun juga mengindikasikan bahwa perairan relatif bebas dari tekanan lingkungan dan pencemaran signifikan, serta memiliki keseimbangan kimia yang mendukung keberlanjutan ekosistem akuatik dan produktivitas budidaya.

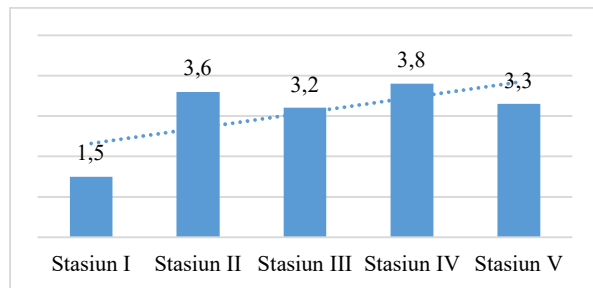


Gambar 4. Kecepatan arus perairan pada setiap stasiun pengamatan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kecepatan arus di sebagian besar stasiun pengamatan berada dalam kategori sangat sesuai (S1) untuk kegiatan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA), yaitu dengan nilai <0,75 m/s sesuai dengan

Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023. Kecepatan arus tercatat sebesar 0,0256 m/s di Stasiun I, 0,040 m/s di Stasiun II, 0,0667 m/s di Stasiun IV, dan 0,1429 m/s di Stasiun V, yang seluruhnya termasuk kategori sangat sesuai (S1). Arus yang stabil dan moderat ini mendukung sirkulasi oksigen, pembuangan limbah metabolik, serta menjaga kualitas air di sekitar keramba.

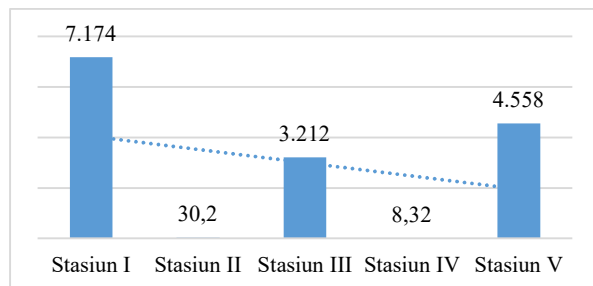
Namun, Stasiun III menunjukkan kecepatan arus sebesar 4,7619 m/s, jauh melebihi batas optimal dan termasuk kategori tidak sesuai (N). Arus yang terlalu kuat dapat menimbulkan tekanan fisik pada ikan, merusak struktur jaring, serta mengganggu distribusi pakan. Oleh karena itu, lokasi dengan karakteristik arus seperti di Stasiun III perlu mitigasi teknis atau penyesuaian desain KJA agar tetap layak untuk kegiatan budidaya laut yang berkelanjutan.



Gambar 5. Kadar oksigen terlarut pada setiap stasiun pengamatan.

Berdasarkan hasil pengukuran, kadar oksigen terlarut (DO) di perairan Desa Apal menunjukkan variasi yang memengaruhi tingkat kesesuaian lingkungan bagi kegiatan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA). Mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023, kisaran DO yang sangat sesuai (S1) adalah ≥ 6 mg/L, cukup sesuai (S2) antara 3– <6 mg/L, dan tidak sesuai (N) apabila <3 mg/L. Nilai DO di Stasiun I sebesar 1,5 mg/L dikategorikan tidak sesuai (N) karena jauh di bawah batas minimum yang dibutuhkan untuk mendukung kehidupan ikan budidaya. Sebaliknya, Stasiun II (3,6 mg/L), Stasiun III (3,2 mg/L), Stasiun IV (3,8 mg/L), dan Stasiun V (3,3 mg/L) termasuk kategori cukup sesuai (S2).

Secara keseluruhan, kondisi oksigen terlarut di perairan masih berada pada tingkat yang cukup mendukung aktivitas respirasi dan metabolisme organisme akuatik, meskipun belum mencapai kategori optimal. Rendahnya DO pada beberapa stasiun diduga dipengaruhi oleh tingginya suhu perairan, sirkulasi air yang terbatas, serta rendahnya tingkat fotosintesis plankton. Pemantauan berkala dan peningkatan sirkulasi air direkomendasikan untuk menjaga kestabilan oksigen di kawasan budidaya.



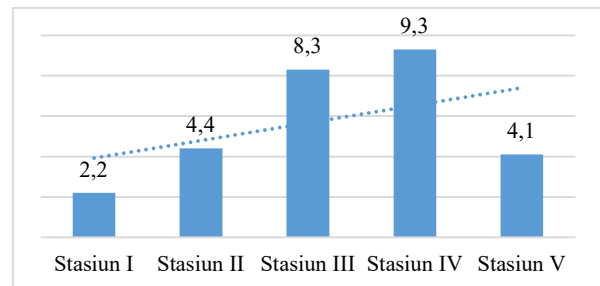
Gambar 6. Nilai Total Dissolved Solids (TDS) pada setiap stasiun pengamatan.

Parameter Total Dissolved Solids (TDS) pada penelitian ini bersifat informatif, karena tidak digunakan secara langsung dalam penilaian kesesuaian lahan menurut Keputusan Direktur

Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023, namun tetap memberikan gambaran umum mengenai kandungan zat padat terlarut di perairan yang dapat memengaruhi kejernihan dan kualitas lingkungan budidaya.

Hasil pengukuran menunjukkan variasi nilai TDS antarstasiun, yaitu 7.174 ppm (Stasiun I), 30,2 ppm (Stasiun II), 3,212 ppm (Stasiun III), 8,32 ppm (Stasiun IV), dan 4,558 ppm (Stasiun V). Seluruh nilai tersebut tergolong aman dan informatif, menandakan bahwa konsentrasi zat terlarut masih dalam batas wajar serta tidak menimbulkan pengaruh negatif terhadap kualitas air maupun aktivitas organisme budidaya. Dengan demikian, tingkat TDS di seluruh stasiun menunjukkan bahwa perairan Desa Apal memiliki kejernihan dan kestabilan zat terlarut yang baik, mendukung kelayakan lingkungan bagi kegiatan budidaya laut berkelanjutan.

3.1.2. Parameter kimia perairan pada setiap stasiun

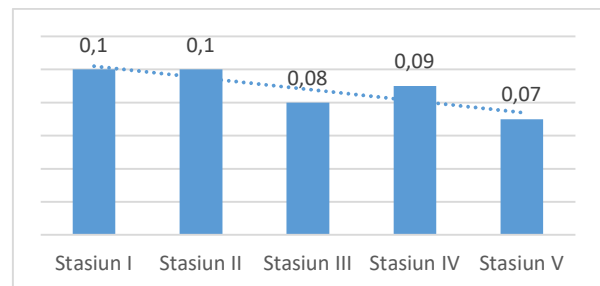


Gambar 7. Konsentrasi Nitrat (NO₃⁻) pada setiap stasiun pengamatan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar nitrat (NO₃⁻) di seluruh stasiun pengamatan melebihi ambang batas optimal untuk kegiatan budidaya laut, yaitu $<0,9$ mg/L, sebagaimana ditetapkan dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023, sehingga seluruh nilai dikategorikan tidak sesuai (N).

Konsentrasi nitrat tercatat sebesar 2,20 mg/L di Stasiun I, 4,40 mg/L di Stasiun II, 8,30 mg/L di Stasiun III, 9,30 mg/L di Stasiun IV, dan 4,10 mg/L di Stasiun V. Nilai yang tinggi ini menunjukkan adanya beban nutrisi berlebih di perairan, yang kemungkinan berasal dari sisa pakan, kotoran ikan, dekomposisi bahan organik, maupun limpasan daratan.

Kandungan nitrat yang berlebih berpotensi memicu eutrofikasi, yaitu pertumbuhan plankton yang berlebihan, yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Kondisi ini menjadi indikasi awal penurunan kualitas perairan, sehingga pengelolaan nutrisi dan sistem sirkulasi air perlu diperkuat untuk menjaga keberlanjutan kegiatan budidaya di kawasan tersebut.

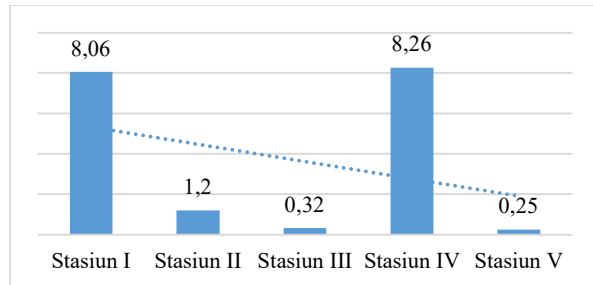


Gambar 8. Konsentrasi Amoniak (NH₃) pada setiap stasiun pengamatan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi amoniak (NH₃) di seluruh stasiun pengamatan berada dalam kisaran sangat sesuai (S1) untuk kegiatan budidaya Keramba

Jaring Apung (KJA), yakni <0,3 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023. Nilai amoniak yang terukur adalah 0,10 mg/L di Stasiun I dan II, 0,08 mg/L di Stasiun III, 0,09 mg/L di Stasiun IV, serta 0,07 mg/L di Stasiun V. Seluruh nilai tersebut menunjukkan kondisi perairan yang stabil, tidak tercemar, dan aman bagi organisme budidaya.

Kadar amoniak yang rendah menandakan bahwa proses nitrifikasi berlangsung optimal dan tidak terjadi akumulasi bahan organik berlebih yang dapat menimbulkan toksisitas. Kondisi ini sangat penting karena amoniak bebas (NH_3) pada konsentrasi tinggi bersifat racun bagi ikan. Dengan demikian, kualitas kimia perairan di seluruh stasiun dapat dikatakan ideal dan mendukung kelangsungan kegiatan budidaya laut secara berkelanjutan.

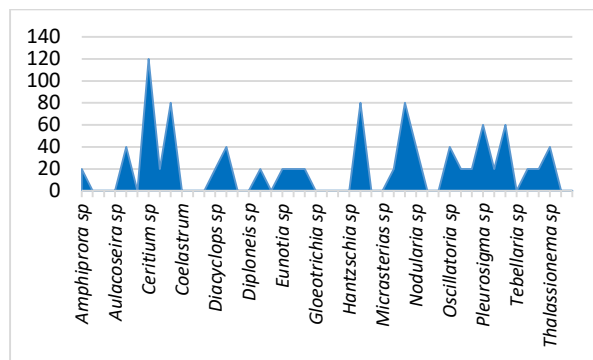


Gambar 9. Konsentrasi Fosfat pada setiap stasiun pengamatan.

Berdasarkan hasil pengukuran, kadar fosfat (PO_4^{3-}) di sebagian besar stasiun pengamatan melebihi kisaran optimal untuk kegiatan budidaya laut, yaitu <0,9 mg/L, sebagaimana diatur dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023. Nilai fosfat tercatat sebesar 8,06 mg/L di Stasiun I, 1,20 mg/L di Stasiun II, 0,32 mg/L di Stasiun III, 8,26 mg/L di Stasiun IV, dan 0,25 mg/L di Stasiun V. Berdasarkan klasifikasi, Stasiun I, II, dan IV dikategorikan tidak sesuai (N) karena kadar fosfatnya jauh di atas ambang batas, sedangkan Stasiun III dan V termasuk cukup sesuai (S2).

Konsentrasi fosfat yang tinggi menunjukkan adanya beban nutrisi berlebih di beberapa titik perairan, yang kemungkinan berasal dari sisa pakan, kotoran ikan, serta dekomposisi bahan organik. Kondisi ini berpotensi memicu eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga dan plankton secara berlebihan yang dapat menurunkan kejernihan air serta kadar oksigen terlarut. Dengan demikian, pengelolaan input nutrisi perlu diperhatikan untuk menjaga kestabilan ekosistem dan daya dukung perairan bagi keberlanjutan budidaya laut di Desa Apal.

3.1.3. Parameter Biologi Perairan pada Setiap Stasiun

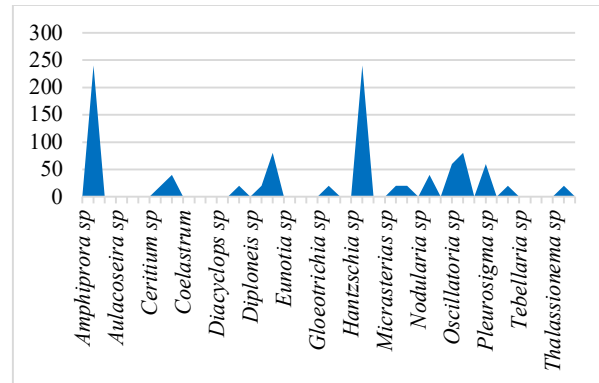


Gambar 10. Kelimpahan plankton pada stasiun I.

Berdasarkan Stasiun I, jenis plankton yang jumlahnya paling banyak adalah *Ceratium sp*, yaitu sebanyak 120 individu

per liter. Jumlah ini jauh lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya, sehingga *Ceratium sp* menjadi plankton yang paling mendominasi di stasiun ini. Setelah itu, ada beberapa jenis lain yang juga cukup banyak ditemukan seperti *Closterium sp*, *Melosira sp*, dan *Nitzschia sp* yang masing-masing berjumlah 80 individu per liter. Jenis *Synedra sp* dan *Skeletonema sp* juga cukup melimpah dengan 60 individu per liter.

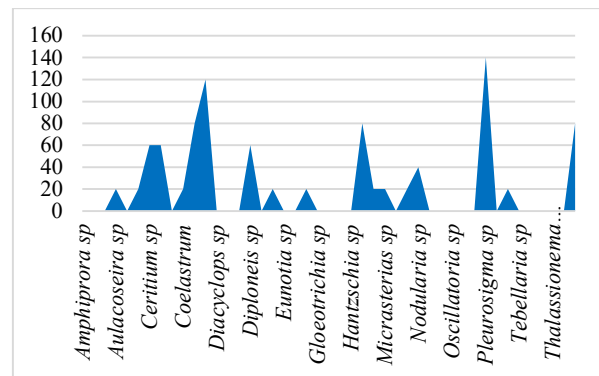
Sementara itu, beberapa jenis lain seperti *Aulacoseira sp*, *Diatoma sp*, *Nodularia sp*, *Pinnularia sp*, dan *Thalassionema sp* ditemukan dalam jumlah lebih sedikit, berkisar antara 20 hingga 40 individu per liter. Hasil ini menunjukkan bahwa di Stasiun I, *Ceratium sp* merupakan plankton yang paling mendominasi, menandakan bahwa kondisi perairan di lokasi tersebut cukup mendukung pertumbuhan dan perkembangan jenis ini.



Gambar 11. Kelimpahan plankton pada stasiun II.

Pada Stasiun II, plankton yang paling banyak ditemukan adalah *Anabaenopsis sp* dan *Melosira sp*, masing-masing dengan jumlah 240 individu per liter. Kedua jenis ini tampak sangat mendominasi dibandingkan jenis plankton lainnya, yang berarti kondisi perairan di stasiun ini sangat mendukung pertumbuhan keduanya.

Selain itu, ada juga beberapa jenis plankton lain yang cukup banyak seperti *Eunotia sp* dan *Pleurosigma sp* dengan jumlah 80 individu per liter, serta *Pinnularia sp* dan *Skeletonema sp* dengan jumlah 60 individu per liter. Sementara itu, jenis lainnya seperti *Closterium sp*, *Nodularia sp*, *Oedogonium sp*, *Nitzschia sp*, dan *Volvox sp* ditemukan dalam jumlah yang lebih sedikit, sekitar 20-40 individu per liter. Bisa disimpulkan bahwa di Stasiun II, *Anabaenopsis sp* dan *Melosira sp* merupakan plankton yang paling mendominasi karena memiliki jumlah tertinggi dibandingkan jenis lainnya.

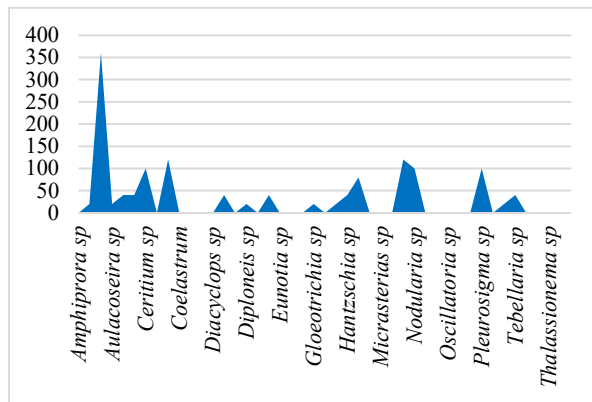


Gambar 12. Kelimpahan plankton pada stasiun III.

Berdasarkan stasiun III, jenis plankton yang paling banyak ditemukan adalah *Skeletonema sp* dengan jumlah 140 individu per liter. Jenis ini menjadi plankton yang paling mendominasi di

stasiun tersebut, menandakan bahwa kondisi perairan di lokasi ini sangat mendukung pertumbuhannya. Selain *Skeletonema* sp, beberapa jenis lain juga memiliki jumlah yang cukup tinggi, seperti *Diatyopsis* sp sebanyak 120 individu per liter, *Volvox* sp dan *Melosira* sp masing-masing 80 individu per liter, serta *Chaetoceros* sp dan *Closterium* sp yang masing-masing berjumlah 60 individu per liter. Beberapa jenis lain seperti *Bacillaria* sp, *Cosmarium* sp, *Epithemia* sp, *Eunotia* sp, *Nitzschia* sp, dan *Nodularia* sp juga ditemukan namun dalam jumlah lebih sedikit, sekitar 20-40 individu per liter.

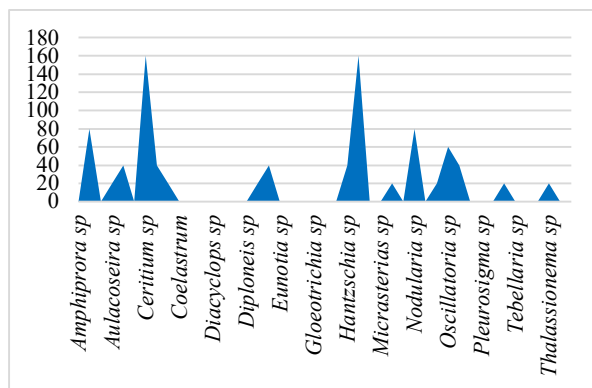
Hasil ini menunjukkan bahwa di Stasiun III, *Skeletonema* sp merupakan jenis plankton yang paling dominan dengan jumlah tertinggi, diikuti oleh *Diatyopsis* sp, *Volvox* sp, dan *Melosira* sp. Hal ini menggambarkan bahwa perairan di stasiun ini cukup subur dan mendukung keberagaman jenis plankton.



Gambar 13. Kelimpahan plankton pada stasiun IV.

Berdasarkan Stasiun IV, jenis plankton yang paling banyak ditemukan adalah *Anabaenopsis* sp dengan jumlah mencapai 360 individu per liter. Jumlah ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis plankton lainnya, sehingga *Anabaenopsis* sp menjadi yang paling mendominasi di lokasi ini. Selain itu, ada juga beberapa jenis plankton lain yang jumlahnya cukup banyak seperti *Closterium* sp dan *Nitzschia* sp yang masing-masing mencapai 120 individu per liter, kemudian *Ceratum* sp, *Nodularia* sp, dan *Skeletonema* sp yang masing-masing berjumlah 100 individu per liter. Sementara itu, beberapa jenis lainnya seperti *Bacillaria* sp, *Eunotia* sp, *Melosira* sp, dan *Tetraedron* sp ditemukan dalam jumlah yang lebih sedikit, sekitar 20-40 individu per liter.

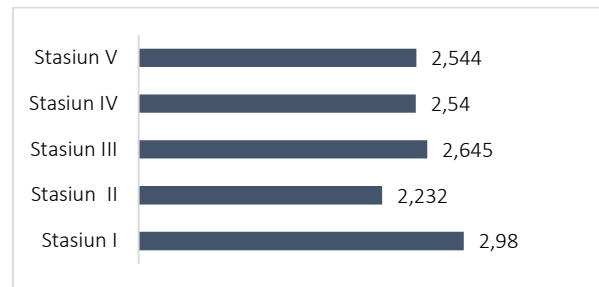
Dapat disimpulkan bahwa di Stasiun IV, *Anabaenopsis* sp adalah jenis plankton yang paling mendominasi karena jumlahnya paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi perairan di stasiun ini sangat mendukung pertumbuhan jenis tersebut.



Gambar 14. Kelimpahan plankton pada stasiun V.

Pada Stasiun V, jenis plankton yang paling banyak ditemukan adalah *Chaetoceros* sp dan *Melosira* sp, masing-masing dengan jumlah 160 individu per liter. Kedua jenis ini menjadi yang paling mendominasi di stasiun ini, menunjukkan bahwa kondisi perairan di lokasi tersebut sangat mendukung pertumbuhan keduanya. Selain itu, terdapat beberapa jenis plankton lain yang juga cukup banyak, seperti *Aphanocapsa* sp dan *Oedogonium* sp yang masing-masing berjumlah 80 individu per liter, *Pinnularia* sp sebanyak 60 individu per liter, serta *Bacillaria* sp, *Closterium* sp, *Eunotia* sp, dan *Pleurosigma* sp dengan jumlah 40 individu per liter. Beberapa jenis lainnya seperti *Aulacoseira* sp, *Navicula* sp, *Nitzschia* sp, *Oscillatoria* sp, *Synedra* sp, dan *Thalassionema* sp ditemukan dalam jumlah lebih sedikit, sekitar 20 individu per liter.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa di Stasiun V, *Chaetoceros* sp dan *Melosira* sp merupakan dua jenis plankton yang paling mendominasi dengan jumlah tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa perairan di stasiun ini cukup subur dan memiliki kondisi lingkungan yang stabil untuk mendukung pertumbuhan plankton dalam jumlah besar.



Gambar 15. Indeks Keanekaragaman (H') plankton pada setiap stasiun.

Berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman plankton (H') pada setiap stasiun pengamatan di perairan Desa Apal, diperoleh nilai yang berkisar antara 2,232 hingga 2,980, yang seluruhnya berada pada kategori keanekaragaman sedang. Menurut kriteria Shannon-Wiener, nilai H' antara 2–3 menunjukkan tingkat keanekaragaman komunitas yang stabil dan ekosistem yang cukup seimbang. Hal ini mengindikasikan bahwa perairan Desa Apal memiliki kondisi lingkungan yang mendukung kehidupan berbagai jenis plankton dengan distribusi yang relatif merata.

Pada Stasiun I, nilai indeks keanekaragaman (H') tercatat sebesar 2,980, yang merupakan nilai tertinggi di antara seluruh stasiun. Kondisi ini mencerminkan bahwa perairan di stasiun tersebut memiliki stabilitas ekosistem yang baik dengan tingkat tekanan lingkungan yang rendah. Keanekaragaman yang tinggi juga menunjukkan adanya keseimbangan antara spesies plankton dominan dan non-dominan, yang penting bagi kestabilan rantai makanan di perairan.

Nilai indeks pada Stasiun II sebesar 2,232, yang tergolong keanekaragaman sedang namun mendekati batas bawah. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas plankton di stasiun tersebut mulai mengalami penurunan keragaman jenis, kemungkinan akibat pengaruh fluktuasi parameter fisika dan kimia seperti suhu dan salinitas yang tinggi. Meskipun demikian, kondisi ini masih cukup stabil dan belum menunjukkan tanda-tanda tekanan ekologis berat.

Pada Stasiun III, indeks keanekaragaman plankton mencapai 2,645, mengindikasikan kondisi ekosistem yang stabil dengan tingkat produktivitas primer yang baik. Keanekaragaman pada tingkat sedang ini mencerminkan adanya keseimbangan antara spesies dominan dan non-dominan, yang umumnya terjadi di perairan dengan tingkat nutrisi yang cukup.

Nilai indeks 2,540 pada Stasiun IV juga termasuk dalam kategori keanekaragaman sedang, menandakan perairan dengan produktivitas tinggi namun masih dalam kondisi ekologi yang stabil. Keberadaan berbagai jenis plankton dengan jumlah yang relatif seimbang menunjukkan bahwa lingkungan perairan di lokasi ini masih mendukung dinamika komunitas plankton secara optimal.

Sementara itu, Stasiun V menunjukkan nilai indeks keanekaragaman sebesar 2,544, yang juga berada pada kategori sedang dan menunjukkan kestabilan ekologis yang baik. Nilai ini memperlihatkan bahwa perairan di Stasiun V memiliki kondisi lingkungan yang relatif seragam dengan distribusi jenis plankton yang cukup merata.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai indeks keanekaragaman (H') pada seluruh stasiun berada dalam kategori sedang ($2 < H' < 3$). Kondisi ini menandakan bahwa perairan Desa Apal memiliki stabilitas ekosistem yang cukup baik, tanpa adanya dominasi spesies tertentu yang berlebihan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perairan Desa Apal secara biologi berada dalam kondisi produktif, seimbang, dan mendukung aktivitas budidaya laut secara berkelanjutan

3.1.4. Faktor-Faktor yang mempengaruhi daya dukung lingkungan untuk budidaya keramba jaring apung di Desa Apal

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-58806.471	46001.856		-1.278	.423
	Sosial	563.975	319.463	1.756	1.765	.328
	Ekonomi	596.801	321.345	11.087	1.857	.314
	Kelembagaan	-642.882	342.123	-11.798	-1.879	.311

a. Dependent Variable: Kesesuaian Lahan

Model	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics Tolerance
1	Hukum	b	.	.	.000

a. Dependent Variable: Kesesuaian Lahan

b. Predictors in the Model: (Constant), Kelembagaan, Sosial, Ekonomi

Sumber: Data olahan SPSS 26, 2025.

Analisis regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui pengaruh faktor sosial, ekonomi, dan kelembagaan terhadap daya dukung lingkungan bagi kegiatan budidaya laut dengan sistem keramba jaring apung (KJA) di Desa Apal. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kesesuaian lahan, sedangkan variabel independennya meliputi sosial (X_1), ekonomi (X_2), dan kelembagaan (X_3). Variabel hukum (X_4) dikeluarkan dari model karena tidak memenuhi kriteria statistik akibat adanya indikasi multikolinearitas tinggi.

Hasil analisis menunjukkan model persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = -58806.471 + 563.975X_1 + 596.801X_2 - 642.882X_3$$

Y = Daya dukung lingkungan (kesesuaian lahan)

X_1 = Faktor sosial

X_2 = Faktor ekonomi

X_3 = Faktor kelembagaan

Nilai konstanta sebesar -58.806,471 menunjukkan bahwa apabila ketiga variabel independen bernilai nol, maka tingkat kesesuaian lahan atau daya dukung lingkungan berada pada posisi negatif. Hal ini berarti bahwa tanpa adanya dukungan dari faktor sosial, ekonomi, dan kelembagaan, keberlanjutan

lingkungan untuk kegiatan budidaya tidak akan tercapai. Dengan demikian, ketiga faktor tersebut memiliki kontribusi strategis dalam menentukan keberhasilan pengelolaan ekosistem budidaya laut yang berkelanjutan.

a) Faktor sosial

Faktor sosial memiliki nilai koefisien B = 563,975, nilai t sebesar 1,765, dan signifikansi 0,328 ($p > 0,05$). Walaupun pengaruhnya tidak signifikan secara statistik, hubungan positif antara faktor sosial dan daya dukung lingkungan menunjukkan bahwa semakin kuat partisipasi, kesadaran, dan kepedulian masyarakat terhadap pengelolaan sumber daya pesisir, maka semakin baik pula tingkat kesesuaian lahan untuk kegiatan budidaya laut.

b) Faktor ekonomi

Faktor ekonomi memiliki nilai koefisien B = 596,801, nilai t sebesar 1,857, dan signifikansi 0,314 ($p > 0,05$). Arah hubungan positif ini mengindikasikan bahwa faktor ekonomi memiliki peran besar dalam mendukung peningkatan daya dukung lingkungan. Faktor-faktor seperti ketersediaan modal, efisiensi biaya produksi, akses terhadap pasar, dan diversifikasi usaha perikanan sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan kegiatan budidaya. Walaupun pengaruhnya belum signifikan secara statistik, temuan ini menguatkan konsep bahwa keberlanjutan ekologi tidak dapat dipisahkan dari stabilitas ekonomi masyarakat pesisir.

c) Faktor kelembagaan

Faktor kelembagaan menunjukkan nilai koefisien B = -642,882, nilai t sebesar -1,879, dan signifikansi 0,311 ($p > 0,05$). Arah hubungan negatif menandakan bahwa kelemahan dalam sistem kelembagaan dapat menurunkan daya dukung lingkungan. Kondisi ini dapat disebabkan oleh lemahnya koordinasi antarinstansi pengelola wilayah pesisir, rendahnya efektivitas peraturan daerah terkait zonasi ruang laut, serta kurangnya optimalnya peran kelompok masyarakat dalam pengawasan kegiatan budidaya. Lembaga formal seperti pemerintah daerah, dinas perikanan, maupun lembaga informal seperti kelompok nelayan dan lembaga adat belum sepenuhnya berfungsi secara sinergis dalam menjaga keseimbangan antara kepentingan ekonomi dan pelestarian lingkungan.

Faktor kelembagaan yang tidak berjalan efektif juga berdampak pada lemahnya implementasi kebijakan *coastal zone management*, termasuk penegakan aturan mengenai kapasitas tebar ikan, pengelolaan limbah, dan konservasi wilayah perairan. Dengan demikian, peran kelembagaan perlu diperkuat melalui peningkatan kapasitas sumber daya manusia, pembentukan sistem pengawasan partisipatif, dan penerapan kebijakan berbasis ekosistem (*ecosystem-based management*).

d) Variabel hukum (Excluded Variable)

Berdasarkan hasil uji multikolinearitas, variabel hukum dikeluarkan dari model regresi karena memiliki nilai toleransi 0,000, yang menunjukkan adanya korelasi tinggi dengan variabel lain. Kondisi ini mengindikasikan bahwa aspek hukum di Desa Apal masih tumpang tindih dengan faktor kelembagaan dan sosial, di mana pelaksanaan aturan tidak berdiri sendiri tetapi bergantung pada efektivitas kelembagaan dan partisipasi masyarakat. Meskipun secara statistik dikeluarkan, secara substansi hukum tetap menjadi elemen penting dalam menjaga daya dukung lingkungan, terutama dalam konteks regulasi, pengawasan, dan sanksi terhadap pelanggaran kegiatan budidaya laut.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun ketiga faktor (sosial, ekonomi, dan kelembagaan) tidak berpengaruh signifikan secara statistik terhadap daya dukung lingkungan ($p > 0,05$), namun secara ekologis dan manajerial ketiganya memiliki pengaruh substantif yang kuat. Faktor sosial dan ekonomi berperan dalam mendukung kegiatan budidaya

melalui peningkatan partisipasi dan kesejahteraan masyarakat, sedangkan kelembagaan menjadi faktor penentu dalam menjaga keberlanjutan melalui regulasi dan tata kelola lingkungan yang efektif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keberlanjutan daya dukung lingkungan untuk budidaya KJA di Desa Apal tidak hanya ditentukan oleh kondisi biofisik (seperti kualitas air dan plankton), tetapi juga oleh kekuatan sosial, kelembagaan, dan ekonomi masyarakat pesisir.

3.2. Discussion

Karakteristik fisika kimia perairan Desa Apal memperlihatkan bahwa kualitas lingkungan tidak seragam antarstasiun sehingga menghasilkan tingkat kesesuaian lahan yang berbeda-beda untuk budidaya keramba jaring apung (KJA). Pada aspek suhu, kisaran 27,3-30,4°C berada dalam rentang yang umumnya masih mendukung metabolisme dan pertumbuhan ikan laut tropis. Menurut Affan (2012), suhu optimum untuk budidaya ikan berada pada kisaran 27-32°C, dan performa pertumbuhan akan menurun ketika suhu melampaui batas toleransi fisiologis organisme budidaya. Dengan demikian, stasiun yang memiliki suhu mendekati 29-30°C dapat dikategorikan sangat sesuai, sedangkan stasiun yang sedikit melampaui 30°C lebih merefleksikan penerapan ambang konservatif dalam Kepdirjen PRL No. 55 Tahun 2023 dibandingkan sebagai indikator kegagalan ekologis sistem budidaya. Namun demikian, meskipun suhu masih berada dalam batas toleransi, perbedaan suhu antarstasiun mulai memperlihatkan dinamika termal yang dapat memicu perubahan kualitas air pada parameter lainnya, terutama oksigen terlarut.

Oleh karena itu, variasi suhu antarstasiun ini tidak hanya berkaitan dengan tingkat kesesuaian lokasi, tetapi juga memengaruhi proses fisik lain yang berhubungan langsung dengan kenyamanan fisiologis ikan. Suhu yang relatif tinggi pada Stasiun I dan II, ditambah dengan sirkulasi air yang terbatas, menjadi salah satu penyebab rendahnya oksigen terlarut (DO). Fenomena ini sejalan dengan temuan Jubaedah et al., (2014) yang menjelaskan bahwa peningkatan suhu permukaan berbanding lurus dengan penurunan DO, terutama pada perairan dengan arus yang lemah. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa beberapa titik di Desa Apal berada dalam kondisi fisiologis yang lebih rentan bagi ikan budidaya sehingga memerlukan pengelolaan yang lebih hati-hati.

Parameter salinitas menunjukkan nilai yang lebih ekstrem. Seluruh stasiun memiliki salinitas di atas 35 ppt, bahkan mencapai 47 ppt di Stasiun I. Salinitas yang sangat tinggi ini dipengaruhi oleh intensitas penguapan, kedalaman perairan yang relatif dangkal, serta minimnya masukan air tawar dari daratan. Hasil yang sama ditemukan oleh (Salindeho 2022) yang menjelaskan bahwa salinitas di atas 34 ppt berpotensi mengganggu osmoregulasi dan meningkatkan stres fisiologis ikan. Dengan demikian, salinitas menjadi faktor pembatas paling signifikan di Desa Apal, karena berada di luar kisaran optimal untuk sebagian besar spesies ikan budidaya laut.

Kondisi oksigen terlarut memperkuat gambaran kerentanan tersebut. Nilai DO berkisar antara 1,5-3,8 mg/L, di mana sebagian besar stasiun hanya masuk kategori cukup sesuai (S2), sementara Stasiun I berada dalam kondisi tidak sesuai (N). Nilai DO rendah dapat disebabkan oleh kombinasi tingginya suhu, akumulasi bahan organik, dan pergerakan air yang lambat (Salindeho 2022). Hal ini berarti bahwa daya dukung ekologis di beberapa titik Desa Apal berada pada batas minimal untuk mendukung proses respirasi ikan dan organisme lainnya.

Tingginya konsentrasi nitrat dan fosfat di beberapa stasiun mengindikasikan adanya beban nutrisi yang cukup besar, baik berasal dari proses alami maupun aktivitas antropogenik. Nitrat mencapai 9,30 mg/L dan fosfat mencapai

8,26 mg/L, nilai yang jauh melewati ambang optimal untuk budidaya laut. Kondisi serupa ditemukan dalam penelitian (Haris and Yusanti 2019) yang menggambarkan bahwa tingginya nutrisi dapat memicu eutrofikasi, meningkatkan pertumbuhan alga, dan pada akhirnya menurunkan oksigen terlarut. Hal ini menunjukkan bahwa perairan Desa Apal sedang berada dalam fase produktivitas tinggi, namun berada dekat dengan batas keseimbangan ekologis.

Meski kualitas fisika-kimia menunjukkan tantangan ekologis, parameter biologi justru memberikan gambaran yang relatif positif. Nilai indeks keanekaragaman plankton (H') yang berkisar antara 2,232-2,980 menunjukkan bahwa perairan Desa Apal masih berada dalam kategori ekosistem dengan keanekaragaman sedang. Indeks ini mencerminkan komunitas plankton yang stabil, dengan dominasi spesies yang tidak berlebihan pada sebagian besar stasiun.

Analisis dinamika arus memperlihatkan bahwa sebagian besar stasiun sangat sesuai (S1), kecuali Stasiun III yang mencapai 4,76 m/s, nilai yang jauh melampaui batas optimal. Arus yang sangat kuat berpotensi merusak struktur keramba, mengganggu kestabilan ikan, serta menghambat proses penyerapan pakan. Arus kuat memerlukan penyesuaian konstruksi KJA agar tidak berdampak negatif terhadap kegiatan budidaya (Haris and Yusanti 2019).

Jika dikaitkan dengan dimensi sosial, ekonomi, dan kelembagaan, dinamika biofisik tersebut memperlihatkan hubungan yang saling terkait. Analisis regresi menunjukkan bahwa faktor sosial dan ekonomi memiliki hubungan positif terhadap daya dukung lingkungan, meskipun tidak signifikan secara statistik. Hal ini sejalan dengan penelitian Erwiantono et al., (2013) yang menunjukkan bahwa pengetahuan lingkungan, partisipasi masyarakat, dan stabilitas ekonomi berkontribusi terhadap keberhasilan pengelolaan sumber daya perairan.

Sebaliknya, faktor kelembagaan justru menunjukkan hubungan negatif. Lemahnya koordinasi antarinstansi, ketidakefektifan kelompok masyarakat pesisir, serta implementasi kebijakan zonasi yang tidak konsisten menjadi penyebab utama rendahnya kinerja kelembagaan. Temuan ini konsisten dengan kajian Nalefo (2020) yang menekankan bahwa keberhasilan pengelolaan pesisir bergantung pada soliditas kelembagaan lokal, baik formal maupun informal.

Jika melihat keseluruhan temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa Desa Apal memiliki potensi ekologi yang cukup menjanjikan, namun berada dalam kondisi yang sensitif terhadap tekanan budidaya yang berlebihan. Parameter fisika-kimia, terutama salinitas, DO, nitrat, dan fosfat, menjadi penentu utama dalam menjaga daya dukung ekologis. Sementara itu, faktor sosial dan ekonomi masyarakat memperkuat peluang keberlanjutan jika diiringi dengan tata kelola kelembagaan yang lebih kuat.

Dengan demikian, penerapan pendekatan *ecosystem-based management* menjadi sangat penting untuk Desa Apal. Penguatan kapasitas kelembagaan, penerapan zonasi yang jelas, pengendalian jumlah KJA, serta manajemen pakan dan limbah merupakan langkah strategis untuk menjaga keberlanjutan perairan. Keberlanjutan KJA di Desa Apal tidak hanya ditentukan oleh karakteristik biofisik perairan, tetapi juga oleh kualitas kelembagaan dan kemampuan masyarakat pesisir dalam menerapkan praktik budidaya yang adaptif dan ramah lingkungan.

4. Conclusion

Hasil penelitian menunjukkan kondisi kesesuaian lahan untuk budidaya KJA di Desa Apal bersifat bervariasi: beberapa parameter mendukung namun terdapat kendala kritis. Secara fisika, suhu di Stasiun I-II melebihi ambang optimal sehingga tidak

sesuai, sedangkan Stasiun III masuk kategori sangat sesuai dan Stasiun IV–V cukup sesuai; kecepatan arus mayoritas aman namun Stasiun III sangat tinggi dan tidak layak. Secara kimia, seluruh stasiun menunjukkan salinitas sangat tinggi (N) dan konsentrasi nitrat berlebih (N), sementara amoniak aman (S1) dan fosfat tinggi pada beberapa stasiun (I, II, IV). Parameter biologi memperlihatkan dominasi jenis plankton berbeda per stasiun dengan indeks keanekaragaman sedang ($H' 2,232-2,980$), menandakan produktivitas tetapi juga adanya tekanan nutrien.

Analisis sosial-ekonomi menunjukkan pengaruh positif faktor sosial dan ekonomi (tidak signifikan secara statistik), sedangkan kelembagaan justru melemahkan daya dukung; variabel hukum bermultikolinearitas sehingga dikeluarkan dari model. Secara keseluruhan, perairan Desa Apal Kecamatan Liang Banggai Kepulauan berpotensi untuk budidaya namun memerlukan mitigasi terhadap salinitas dan beban nutrien, peningkatan suplai oksigen pada titik kritis, serta penguatan kelembagaan agar pengembangan KJA menjadi berkelanjutan.

Bibliography

- Affan, J.M. 2012. Identifikasi lokasi untuk pengembangan budidaya keramba jaring apung (KJA) berdasarkan faktor lingkungan dan kualitas air di perairan Pantai Timur Bangka Tengah. *Jurnal Depik*, 1(April):78–85.
- Amin, M., Rumayar, T.P., Femmi, D., Kemur, N.F., and Ik Suwitra. 2005. Kajian budidaya rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dengan sistem dan musim tanam yang berbeda di Kabupaten Bangkep Sulawesi Tengah. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 8(62): 282–91.
- Andriani, Y., Afisha, F.N., Sartikasari, D.A., and Yustiati, Y. 2024. Produktivitas budidaya sistem keramba jaring apung (KJA) melalui pendekatan *Integrated Multi Trophic Aquaculture* (IMTA): Telaahan pustaka. *Jurnal Ruaya: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 12(2): 214–26. Doi: <http://dx.doi.org/10.29406/Jr.V12i2.6691>.
- Anhar, T.F. 2023. Daya dukung keramba jaring apung ikan kerapu di perairan Teluk Sabang Aceh. *Mahseer: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan*, 5(2): 1–12. Doi: [10.55542/Mahseer.V5i2.571](https://doi.org/10.55542/Mahseer.V5i2.571).
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *SNI 6989: Air dan Air Limbah-Metode Pengambilan Contoh dan Pengukuran Parameter Kualitas Air*. Jakarta: BSN.
- Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut. 2023. *Keputusan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Nomor 55 Tahun 2023 Tentang Pedoman Teknis Penghitungan Daya Dukung Kegiatan Pemanfaatan Kawasan Konservasi*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Diniariwisn., Damai., dan Sumsanto, M. 2024. Analisis kualitas air guna mendukung pengembangan budidaya ikan berbasis keramba jaring apung (KJA) di perairan Pantai Elak-Elak Sekotong. *Jurnal Perikanan Pantura (Jpp)*.
- Erwiantono., Amanah, S., Asngari, P.S., dan Kinseng, R.A. 2013. Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan areal perlindungan laut – berbasis masyarakat di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 8(2): 201–16.
- Haris, R.B.K., dan Yusanti, I.A. 2019. Analisis Kesesuaian perairan untuk keramba jaring apung di Kecamatan Sirah Pulau Padang Kabupaten Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 8(1): 20–30.
- Jubaedah, I., Sudinno, D., dan Anas, P. 2014. Analisis kondisi kualitas air dan produktivitas budidaya keramba jaring apung di Waduk Cirata Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 9–22.
- Marasabessy, I., Fahrudin, A., Imran, Z., Agus, S.B., Marasabessy, A., dan Badarudin, M.I. 2021. Peran sistem petuanan negeri dalam pengaturan zonasi kawasan pesisir dan laut berbasis objek (OBIA) (Studi Kasus: Pulau Nusa Manu Dan Nusa Leun di Kabupaten Maluku Tengah). *Seminar Nasional Geomatika*. Doi: [10.24895/Sng.2020.0-0.1158](https://doi.org/10.24895/Sng.2020.0-0.1158).
- Nalefo, L. 2020. *Dinamika Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Masyarakat*. Deepublish.
- Pontoh, S., Awalia, R., Rusli., dan Rusmidin. 2023. Strategi pengembangan kawasan minapolitan di Kecamatan Pagimana Kabupaten Banggai. *Jurnal Peweka Tadulako*, 2(2).
- Rahmadhani, R., Lestari, A.D., dan Danial, M.M. 2023. Desain pembuatan keramba jaring apung menggunakan bahan dasar PVC. *Jelast: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 10(3): 1–8.
- Salindeho, I.R.N. 2022. Kemampuan adaptasi ikan gobi amfidromus terhadap perubahan salinitas. *Jurnal Budidaya Perairan*, 10(2): 282–93.
- Tetelepta, J.M., Dan J. Anaktotoy; Stevanus M. Siahainenia Dan Johannes Hiariey; Eygne G. Talakua Dan Willem Talakua; Saiful; Dionisius Bawole Dan Yolanda M. T. N. Apituley; Frederika S. Pello; Charlotha I. Tupan; Yona A. Lewerissa Dan Prulley A. Uneputty; Yuliana Natan; La Simon Tubalawony; Yunita A. Noya; Ronald D. Hukubun; Frijona F. Lokollo; Gratia D. Manuputty; Kedswin G. Hehanussa; Delly D.P. Matrutty; B. Grace Hutubessy; Friesland Tuapetel; Haruna; Welem Waileruny; Bethsy J. Pattiasina; Elizabeth M. Palinussa; Jacquel. 2021. *Sistem Perikanan dan Kelautan Di Wilayah Kepulauan*. Pattimura University Press.