



Pemetaan Sebaran Daerah Potensial Penangkapan Ikan Karang Berdasarkan Parameter Oseanografi Di Perairan Pulau Kerdau Kabupaten Natuna

(Analysis Mapping Of The Distribution Of Potential Area For Coral Fishing Based On Oceanographic Parameters In The Waters Of Kerdau Island, Natuna Regency)

Jeriyani^{1✉}, Asep Ma'mun¹, Esty Kurniawati¹,

¹ Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang, Kepulauan Riau, 29115, Indonesia

Email: jeriyani422@gmail.com, asepmamun@umrah.ac.id, estykurniawati@umrah.ac.id.

Article Info :

Recived : 10 April 2026

Accepted : 24 Mei 2026

Online : 30 Mei 2026

Article type

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Commin Serv. Articel
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword :

Generalized Additive Model (GAM), Habitat Suitability Index (HSI), Oceanography, Reef Fish, Potential Area Mapping

Corresponding Author :

Jeriyani

Program Studi Ilmu Kelautan,
Fakultas Ilmu Kelautan dan
Perikanan, Universitas Maritim
Raja Ali Haji

Email: jeriyani422@gmail.com

Abstract

This study addresses the high fishery potential of Natuna waters, influenced by oceanographic dynamics, while localized mapping of reef fish fishing grounds remains limited. Previous studies have mainly focused on pelagic species and large-scale areas, with limited integration of oceanographic and habitat-based spatial analysis at the local level. This study aims to analyze the relationship between oceanographic parameters and reef fish catch (CPUE) and to map potential fishing grounds around Kerdau Island using spatial analysis and remote sensing. A descriptive survey approach was applied, integrating primary and secondary data collected through observation, interviews, and documentation. Data were analyzed using the Generalized Additive Model (GAM) and Geographic Information Systems (GIS) to develop a Habitat Suitability Index (HSI). The results show that individual oceanographic parameters do not significantly influence CPUE; however, their combination explains up to 73,21% of its variation, with the best model including temperature, salinity, current, chlorophyll-a, and sea level. Optimal fishing conditions were identified within specific parameter ranges. HSI mapping indicates that 61,40% of fishing locations fall within suitable zones ($HSI \geq 0.5$), with spatial and temporal variability. However, 38,60% of fishing points remain in low-suitability areas, indicating limitations of the model in capturing all influencing factors. This study is limited by the exclusion of habitat complexity, fishing pressure, and socio-economic variables, as well as a short observation period. Future research should integrate broader ecological and anthropogenic factors to improve model accuracy and support sustainable fisheries management.



Copyright © 2026, Jeriyani, Asep Ma'mun, Esty Kurniawati

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan potensi perikanan yang sangat besar, didukung oleh luas wilayah perairan mencapai sekitar 5,9 juta km², termasuk Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) seluas 2,8 juta km² (Kurnia, 2022). Potensi ini menjadikan sektor perikanan sebagai salah satu kontributor penting bagi perekonomian nasional, dengan kontribusi yang terus meningkat terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) (Wibowo et al., 2021). Dalam pengelolaannya, wilayah perikanan Indonesia dibagi menjadi beberapa Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP), salah satunya adalah WPP 711 yang mencakup perairan Kabupaten Natuna. Wilayah ini memiliki potensi sumber daya ikan yang besar serta kondisi geografis yang strategis karena berbatasan dengan Laut Natuna Utara dan berada pada jalur pelayaran internasional.

Indexed :



Perairan Natuna memiliki potensi sumber daya ikan yang tinggi, dengan estimasi hasil tangkapan ikan pelagis kecil mencapai 330,284 ton per tahun, pelagis besar 185.855 ton per tahun, dan ikan demersal sebesar 131,070 ton per tahun (Pemerintah Kabupaten Natuna, 2021). Tingginya potensi ini tidak terlepas dari kondisi oseanografi perairan yang mendukung, seperti suhu permukaan laut, salinitas, arus, kedalaman, serta konsentrasi klorofil-a yang berperan dalam menentukan produktivitas perairan dan ketersediaan pakan alami bagi ikan (Hukubun & Tubalawony, 2024). Selain itu, keberadaan ekosistem terumbu karang juga menjadi faktor penting dalam mendukung keberadaan ikan demersal seperti kerapu dan kakap (Safruddin et al., 2020).

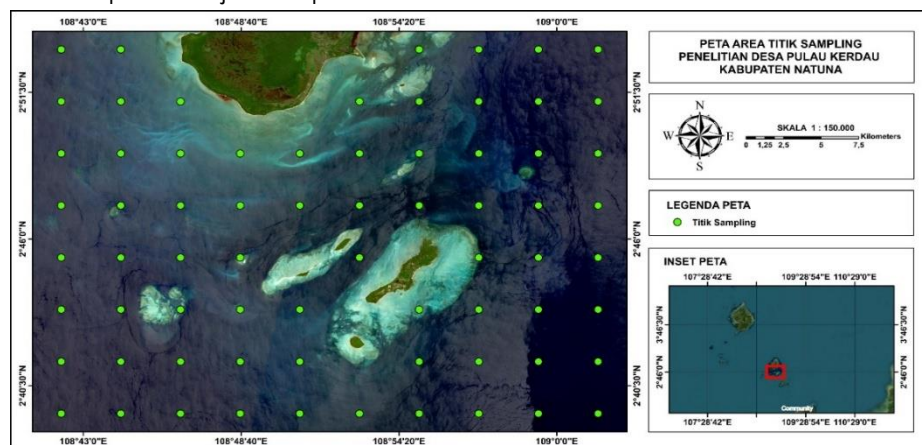
Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa parameter oseanografi memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi dan hasil tangkapan ikan. Variasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a diketahui memengaruhi jumlah titik *fishing ground* serta distribusi ikan (Apriansyah & Utami, 2024; N. Fitriani, 2020). Penelitian lain juga menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara suhu permukaan laut dengan hasil tangkapan ikan, serta pemanfaatan data penginderaan jauh dalam memetakan daerah potensial penangkapan ikan (W. Fitriani & Tadjuddah, 2025); (Pratama et al., 2023). Selain itu, pendekatan *Generalized Additive Model* (GAM) terbukti efektif dalam memodelkan hubungan nonlinear antara parameter lingkungan dan distribusi ikan (Siregar et al., 2018). Penelitian mengenai ikan demersal berbasis parameter oseanografi telah dilakukan di berbagai perairan Indonesia. Di Laut Arafura, suhu permukaan laut, klorofil-a, dan salinitas diketahui memengaruhi distribusi ikan demersal (Ningsih & Syah, 2020). Sementara itu, penelitian di Kepulauan Riau menunjukkan bahwa suhu permukaan laut, klorofil-a, kedalaman, dan salinitas berhubungan signifikan dengan hasil tangkapan ikan demersal (Sambah et al., 2021).

Tingginya aktivitas penangkapan ikan di Natuna belum didukung informasi spasial yang memadai mengenai daerah penangkapan potensial. Akibatnya, efisiensi operasi menurun, biaya bahan bakar meningkat, dan hasil tangkapan menjadi tidak pasti. Selain itu, eksploitasi yang terpusat di wilayah tertentu berisiko menyebabkan *overfishing* dan kerusakan ekosistem. Karena itu, pemetaan daerah potensial penangkapan ikan penting untuk meningkatkan efisiensi usaha perikanan, kesejahteraan nelayan, dan keberlanjutan sumber daya perikanan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan parameter oseanografi dengan sebaran daerah penangkapan ikan di perairan Pulau Kerdau, Kabupaten Natuna, serta memetakan daerah potensial penangkapan ikan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Hasil penelitian diharapkan dapat mendukung pengembangan pemetaan *fishing ground* berbasis data oseanografi dan membantu pengelolaan perikanan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pulau Kerdau, Kecamatan Pulau Panjang, Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau pada Juli–Agustus 2025. Pulau Kerdau dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki potensi sumber daya perikanan yang tinggi. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei deskriptif dengan subjek nelayan pengguna alat tangkap bubu yang dipilih secara *purposive sampling*. Jumlah kapal sampel berkisar antara 9–13 unit per trip pengamatan. Titik pengamatan ditentukan berdasarkan keterwakilan wilayah perairan, meliputi kawasan pesisir, sekitar terumbu karang, dan perairan terbuka. Pengambilan sampel parameter lingkungan menggunakan metode *systematic random sampling* dengan interval antar titik sekitar 3.973 m. Koordinat pengamatan dicatat menggunakan *GPS Furuno GP-39* untuk analisis spasial. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara terstruktur, dan dokumentasi, yang terdiri atas data primer berupa parameter oseanografi (suhu permukaan laut, salinitas, dan kecepatan arus), hasil tangkapan ikan, serta data Daerah Penangkapan Ikan (DPI). Pengukuran parameter oseanografi dilakukan secara *in situ* mengikuti aktivitas penangkapan nelayan menggunakan *AZ86031 Water Quality Meter* untuk suhu dan salinitas serta metode *drift buoy* untuk pengukuran kecepatan arus. Arah arus ditentukan menggunakan kompas dengan mengikuti pergerakan *drift buoy* dan mencatat sudutnya dalam derajat, Kecepatan arus dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{S}{t} \quad (1)$$

Dimana :

V = kecepatan arus (m/s),
S = jarak perpindahan (m),
t = waktu tempuh (s).

Data sekunder yang digunakan meliputi klorofil-a dari citra MODIS-Aqua Level 3, tinggi muka laut (SSH) dari *Copernicus Marine Service*, habitat bentik dari *Allen Coral Atlas*, serta citra Sentinel-2A sebagai peta dasar. Analisis data dilakukan melalui pendekatan statistik dan spasial. Produktivitas penangkapan dihitung menggunakan *Catch per Unit Effort* (CPUE) sebagai indikator kelimpahan ikan. Hubungan antara CPUE dan parameter lingkungan, yaitu suhu permukaan laut, klorofil-a, salinitas, kecepatan arus, dan tinggi muka laut dianalisis menggunakan *Generalized Additive Model* (GAM) pada perangkat lunak R dengan paket *mgcv*. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terendah dan *Contribution Deviance Explained* (CDE) tertinggi. Hasil model GAM selanjutnya digunakan untuk menyusun *Habitat Suitability Index* (HSI) yang menggambarkan tingkat kesesuaian habitat ikan berdasarkan parameter lingkungan. Nilai HSI kemudian dipetakan secara spasial menggunakan ArcGIS 10.8 melalui proses interpolasi dan visualisasi peta daerah potensial penangkapan ikan.

Analisis data dilakukan melalui pendekatan statistik dan spasial. Analisis statistik diawali dengan menghitung produktivitas hasil tangkapan menggunakan pendekatan *Catch per Unit Effort* (CPUE). Nilai CPUE digunakan sebagai indikator kelimpahan ikan (Fuadi et al., 2022). Perhitungan CPUE dilakukan dengan membandingkan total hasil tangkapan terhadap upaya penangkapan, yang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$CPUE_t = \frac{Catch_t}{Effort_t} \quad (2)$$

Dimana :

CPUE_t = hasil tangkapan per upaya pada trip ke-t (kg/kapal),
Catch_t = total hasil tangkapan pada trip ke-t (kg),
Effort_t = jumlah kapal yang beroperasi pada trip ke-t (kapal).

Selanjutnya, hubungan antara parameter oseanografi dan hasil tangkapan dianalisis menggunakan metode *Generalized Additive Model* (GAM), yang digunakan untuk memodelkan hubungan nonlinear antara variabel lingkungan (variabel bebas) dan CPUE (variabel respon). Model terbaik dipilih berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terendah dan *Contribution Deviance Explained* (CDE) tertinggi. Penggunaan metode ini didasarkan pada kemampuannya dalam mengakomodasi hubungan nonlinear antara variabel lingkungan dan hasil tangkapan ikan (Siregar et al., 2018). Rumus model GAM:

$$\mu_i = \alpha^0 + S_1 (SPL) + S_2 (Chl - a) + S_3 (Salt) + S_4 (Arus laut) + S_5 (TML) + \epsilon \quad (3)$$

Dimana :

μ_i = variabel respon berupa nilai CPUE pada pengamatan ke-i,

g = merupakan fungsi link,

α^0 = konstanta,

S_n = fungsi *smoothing* (spline) dari masing-masing variabel prediktor, serta ϵ adalah error.

Hasil analisis kemudian digunakan untuk menyusun indeks kesesuaian habitat (*Habitat Suitability Index*, HSI) guna mengidentifikasi tingkat kesesuaian habitat perairan (Saputra et al., 2024). Nilai HSI yang mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian habitat yang tinggi, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan habitat yang tidak sesuai (Akita et al., 2022). Perhitungan HSI dilakukan menggunakan rumus berikut (Sianturi et al., 2024):

$$HSI = \frac{Y - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} \tag{4}$$

Dimana :

HSI = indeks kesesuaian habitat,

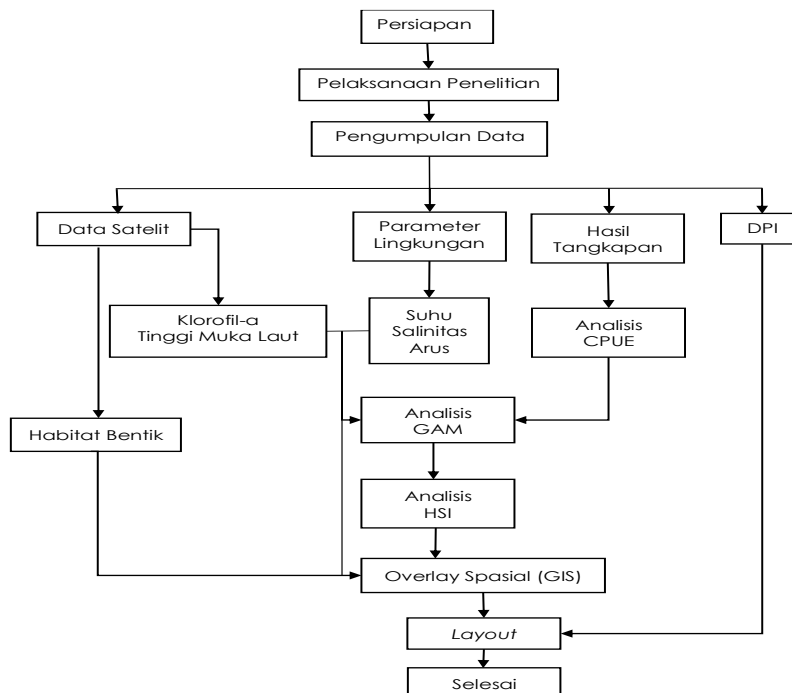
Y = nilai prediksi CPUE pada suatu lokasi,

Y_{\min} = nilai prediksi CPUE minimum,

Y_{\max} = nilai prediksi CPUE maksimum pada seluruh lokasi pengamatan.

Nilai HSI berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian habitat yang tinggi dan kondisi lingkungan optimal bagi keberadaan ikan, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan habitat yang tidak sesuai (Akita et al., 2022).

Analisis spasial menggunakan teknik *overlay* pada Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan mengaitan data oseanografi, hasil tangkapan ikan, dan habitat bentik. Sebelum proses *overlay*, seluruh data diekstraksi, diinterpolasi, dan dikonversi ke format shapefile untuk keseragaman data spasial. Hasil *overlay* digunakan untuk menganalisis hubungan antara kondisi lingkungan, lokasi penangkapan ikan, dan habitat bentik dalam menentukan zona potensial penangkapan ikan. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk peta Daerah Penangkapan Ikan (DPI). Alur penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 2.

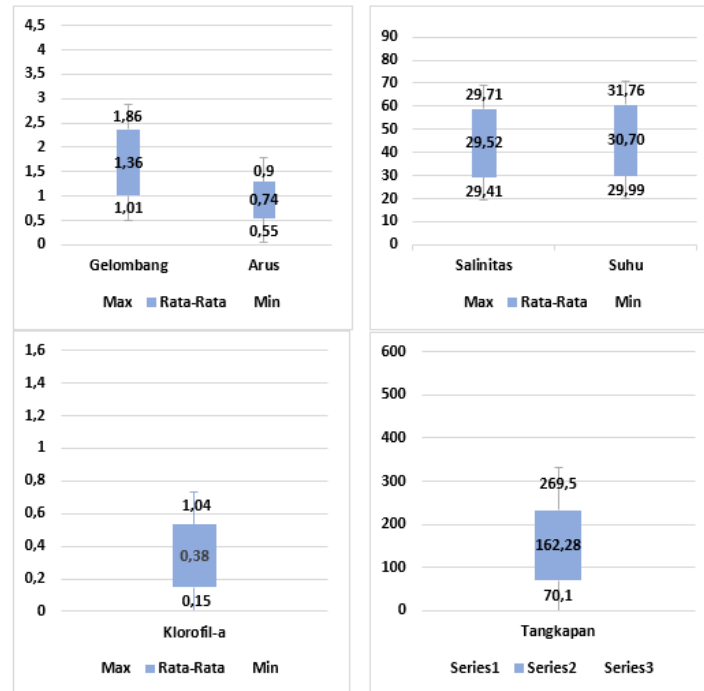


Gambar 2. Alur (Prosedur) Penelitian

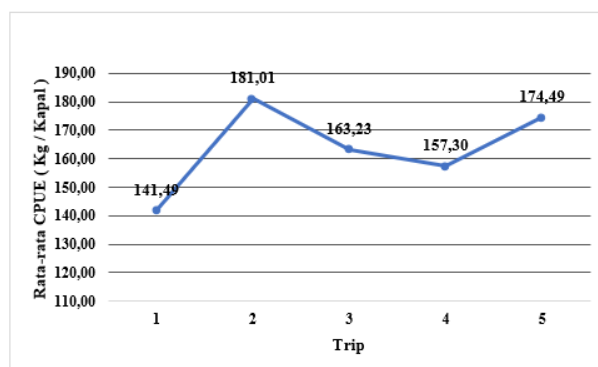
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan 57 data pengamatan yang mencakup nilai CPUE, jumlah kapal, serta parameter oseanografi berupa suhu permukaan laut, salinitas, arus, klorofil-a, dan tinggi muka laut. Nilai CPUE berkisar antara 70,10–269,50 kg/kapal dengan rata-rata 162,28 kg/kapal, yang menunjukkan adanya variasi hasil tangkapan selama periode penelitian. Parameter oseanografi menunjukkan kondisi yang relatif stabil, dengan kisaran suhu 29,99–31,76°C, salinitas 29,41–29,71 psu, arus 0,55–0,90 m/s, klorofil-a 0,15–1,04 mg/m³, dan tinggi muka laut 1,01–1,86 m. Namun, variasi spasial dan temporal tetap ditemukan pada setiap titik dan trip pengamatan. Perbedaan kondisi oseanografi, terutama pada kecepatan arus dan konsentrasi klorofil-a, diduga memengaruhi distribusi ikan karang sehingga berkontribusi terhadap fluktuasi nilai CPUE yang diperoleh selama penelitian.



Gambar 3. Nilai Deskriptif Data Penelitian



Gambar 4. Grafik CPUE pada Setiap Trip Penelitian

Hasil Analisis CPUE (Fluktuasi Hasil Tangkapan)

Nilai CPUE menunjukkan fluktuasi antar trip penelitian. Trip 1 memiliki rata-rata CPUE terendah sebesar 141,49 kg/kapal, kemudian meningkat menjadi 181,01 kg/kapal pada Trip 2 sebagai nilai tertinggi. Selanjutnya, CPUE menurun pada Trip 3 (163,23 kg/kapal) dan Trip 4 (157,30 kg/kapal), lalu kembali meningkat pada Trip 5 menjadi 174,49 kg/kapal. Variasi ini menunjukkan bahwa produktivitas penangkapan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah titik penangkapan, tetapi juga oleh kondisi lingkungan perairan.

Hasil tangkapan selama penelitian didominasi oleh ikan dari famili *Serranidae* (kerapu), yang umumnya berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang. Namun, perbedaan relung ekologis dan daerah jelajah antar spesies menyebabkan distribusi ikan tidak selalu berada tepat pada habitat bentik.

Variasi Parameter Oseanografi

Secara umum, kelima parameter oseanografi menunjukkan kondisi yang relatif stabil selama penelitian dengan variasi yang masih berada dalam kisaran toleransi bagi kehidupan ikan karang (lihat tabel 1 dan gambar 5 – 9).

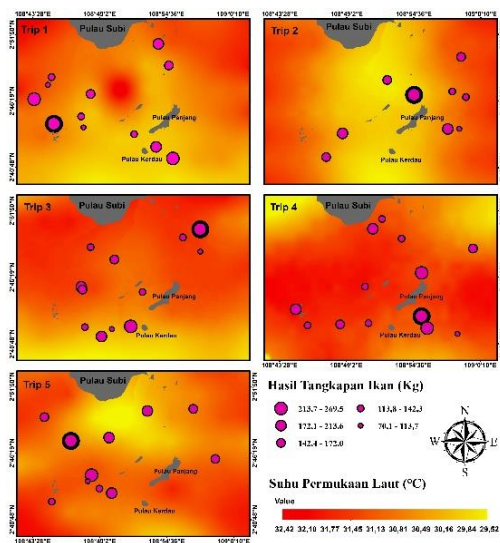
Tabel 1. Rangkuman Nilai Parameter Oseanografi

Trip	CPUE (kg)	SPL (°C)	Salinitas (psu)	Arus (m/s)	Klorofil-a (mg/m ³)	TML (m)
1	228,4	31,63	29,72	0,74	0,38	1,04
2	269,5	30,16	29,61	0,74	0,31	1,54
3	231,3	30,98	29,54	0,69	0,29	1,41
4	260,7	30,01	29,50	0,90	0,26	1,68
5	228,1	30,50	29,46	0,76	0,44	1,27

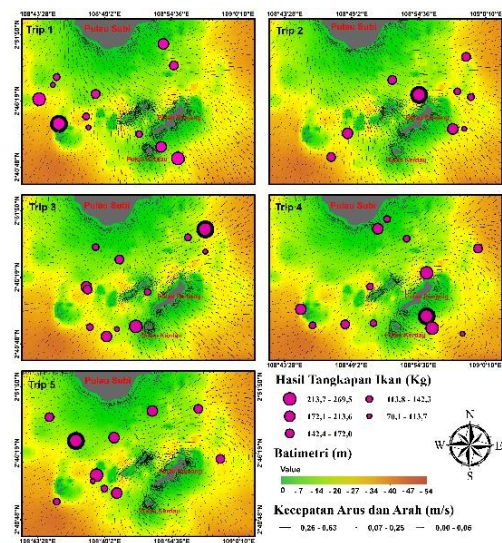
Jika ditelaah lebih lanjut, terdapat pola hubungan yang menarik antara parameter lingkungan dengan capaian CPUE tertinggi di setiap trip. CPUE tertinggi secara keseluruhan (269,5 kg pada Trip 2) dicapai pada kondisi suhu yang relatif lebih rendah (30,16°C) dan TML yang cukup tinggi (1,54 m), mengindikasikan bahwa kombinasi parameter tertentu, bukan nilai ekstrem suatu parameter, yang menciptakan kondisi optimal. Sebaliknya, pada Trip 1 dengan suhu tertinggi (31,63°C) justru menghasilkan CPUE yang lebih rendah (228,4 kg) dibanding Trip 2 dan Trip 4. Hal ini menguatkan indikasi bahwa kombinasi parameter lingkungan lebih berperan dibandingkan nilai ekstrem tunggal.

Secara ekologis, suhu memengaruhi metabolisme dan distribusi ikan, di mana peningkatan suhu mendekati batas atas dapat menurunkan aktivitas dan menyebabkan pergeseran habitat (Tangke et al., 2016). Klorofil-a sebagai indikator produktivitas perairan tidak berhubungan langsung dengan CPUE karena pengaruhnya terjadi melalui rantai trofik (Hestingsih et al., 2017). Sementara itu, arus dan tinggi muka laut memengaruhi distribusi nutrisi dan pergerakan ikan, sehingga meningkatkan peluang agregasi ikan pada kondisi tertentu (Hastuti et al., 2021).

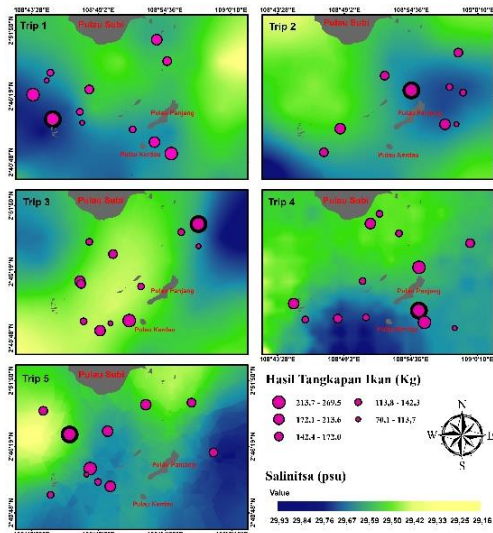
Namun, variasi CPUE juga dipengaruhi oleh faktor non-oseanografi seperti komposisi jenis ikan, perilaku ikan, serta aktivitas penangkapan (misalnya pemilihan lokasi dan strategi operasi). Oleh karena itu, hubungan yang diperoleh dalam penelitian ini mencerminkan interaksi kompleks antara faktor lingkungan dan operasional, sehingga diperlukan analisis lanjutan menggunakan GAM untuk mengidentifikasi hubungan nonlinear dan kisaran optimal masing-masing parameter terhadap CPUE.



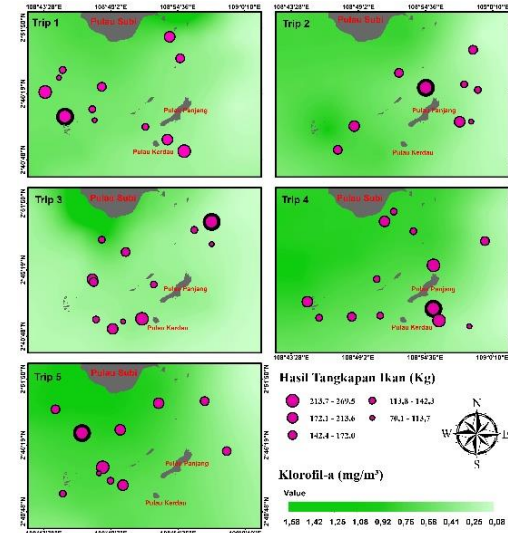
Gambar 5. Suhu Trip 1 – Trip 5



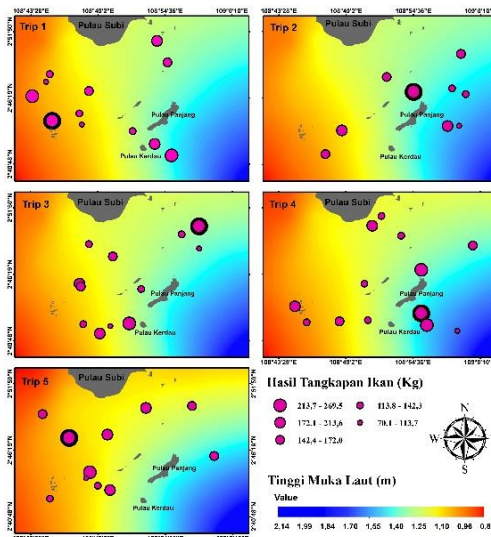
Gambar 6. Arus Trip 1 – Trip 5



Gambar 7. Salinitas Trip 1 – Trip 5



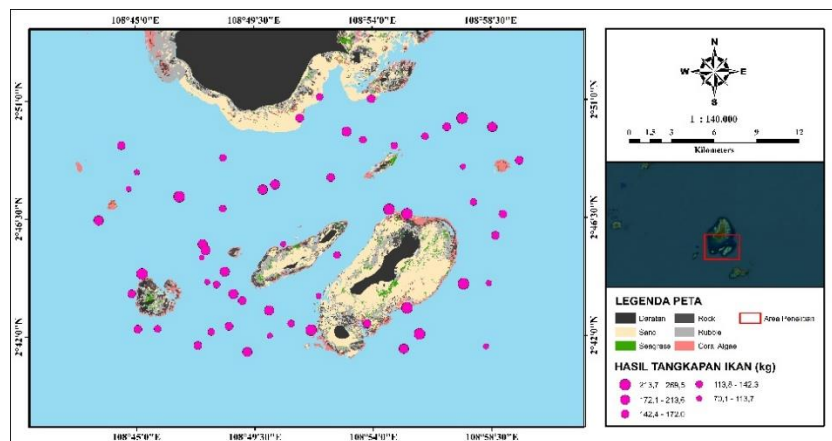
Gambar 8. Klorofil-a Trip 1 – Trip 5



Gambar 9. Tinggi Muka Air Laut Trip 1 – Trip 5

Sebaran Titik Penangkapan Terhadap Habitat Bentik

Hasil pemetaan terdapat 57 titik penangkapan ikan karang di Perairan Pulau Kerdau (Gambar 10). Berdasarkan overlay dengan peta habitat dasar, hanya 8 titik ($\pm 14,03\%$) berada pada habitat bentik, sedangkan 49 titik ($\pm 85,97\%$) berada di luar habitat bentik.



Gambar 10. Sebaran Titik Penangkapan Terhadap Habitat Bentik

Dominasi titik penangkapan di luar habitat bentik mengindikasikan bahwa ikan karang tidak hanya memanfaatkan habitat inti, tetapi juga perairan sekitarnya sebagai area mencari makan (*feeding ground*), seiring dengan mobilitasnya yang cukup tinggi. Kondisi oseanografi seperti arus turut memengaruhi distribusi pakan dan keberadaan ikan karang di perairan sekitar, sehingga habitat non-bentik berperan sebagai zona penunjang ekologis.

Selain itu, pola sebaran ini juga dapat dipengaruhi oleh keterbatasan resolusi peta habitat bentik yang belum mampu merepresentasikan mikrohabitat secara detail (Ampou et al., 2018). Oleh karena itu, peningkatan akurasi pemetaan melalui penggunaan citra resolusi tinggi dan verifikasi lapangan diperlukan untuk mendukung analisis yang lebih akurat. Temuan ini menunjukkan bahwa pengelolaan perikanan ikan karang perlu menerapkan pendekatan berbasis ekosistem mencakup habitat bentik dan perairan sekitarnya (Link & Browman, 2017).

Hasil Pemodelan Generalized Additive Model (GAM)

Pemodelan hubungan antara parameter oseanografi dengan hasil tangkapan ikan karang dilakukan menggunakan *Generalized Additive Model (GAM)*. Sebanyak 16 model diuji, mulai dari model tunggal hingga kombinasi lima variabel. Hasil lengkap uji statistik setiap model disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pemodelan GAM

No	Model	Variabel	p-value	AIC	CDE (%)
1	Suhu	-Suhu	0.128	796,325	3,138
2	Salinitas	-Salinitas	0.130	796,350	3,106
3	Arus	-Arus	0.179	796,846	2,462
4	Klorofil-a	-Klorofil.a	0.151	796,585	2,802
5	TML	-TML	0.140	796,463	2,960
6	Suhu + Salinitas	-Suhu	0.615	798,084	3,448
		-Salinitas	0.632		
7	Suhu + Arus	-Suhu	<2e-16***	726,833	7,379
		-Arus	<2e-16***		
8	Suhu + Klorofil-a	-Suhu	<2e-16***	748,974	52,286
		-Klorofil.a	<2e-16***		
9	Salinitas + Arus	-Salinitas	<2e-16***	719,265	74,663
		-Arus	<2e-16***		
10	Salinitas + Klorofil-a	-Salinitas	<2e-16***	723,923	70,400
		-Klorofil.a	<2e-16***		
11	Arus + Klorofil-a	-Arus	<2e-16***	723,837	73,646
		-Klorofil.a	<2e-16***		
12	Suhu + Salinitas + Arus	-Suhu	<2e-16***	718,921	67,433
		-Salinitas	<2e-16***		
		-Arus	<2e-16***		
13	Suhu + Salinitas + Klorofil-a	-Suhu	<2e-16***	716,383	68,977
		-Salinitas	<2e-16***		
		-Klorofil.a	<2e-16***		
14	Salinitas + Arus + Klorofil-a	-Salinitas	<2e-16***	711,670	70,724
		-Arus	<2e-16***		
		-Klorofil.a	<2e-16***		
15	Suhu + Salinitas + Arus + Klorofil-a	-Suhu	<2e-16***	711,954	70,593
		-Salinitas	<2e-16***		
		-Arus	<2e-16***		
		-Klorofil.a	<2e-16***		
16	Suhu + Salinitas + Arus + Klorofil-a	-Suhu	0.002**	709,943	73,208
	+ TML	-Salinitas	<2e-16***		
		-Arus	<2e-16***		
		-Klorofil.a	<2e-16***		
		-TML	0.070.		

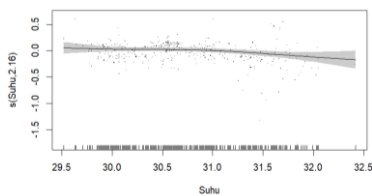
Keterangan: CDE = Contribution Deviance Explained; AIC = Akaike Information Criterion; *** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05, p < 0.1

Hasil pemodelan *Generalized Additive Model (GAM)* menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh dari kombinasi lima parameter oseanografi (suhu, salinitas, arus, klorofil-a, dan tinggi muka laut/TML) dengan AIC terendah (709,943) dan CDE tertinggi (73,21%). Model ini mampu menjelaskan sebagian besar variasi CPUE ikan karang, sementara model tunggal tidak signifikan. Kombinasi parameter, khususnya yang melibatkan arus, meningkatkan kinerja model secara nyata. Seluruh variabel berkontribusi, meskipun TML bersifat marginal, menegaskan bahwa pendekatan multivariat lebih efektif.

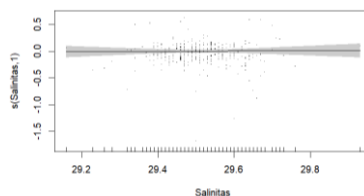
Klorofil-a sebagai indikator pakan berinteraksi dengan arus dalam membentuk pola sebaran (*patchiness*) yang memengaruhi agregasi ikan (Rosalina et al., 2024). Arus optimal ($\pm 0,7-0,9$ m/s) mendukung distribusi nutrisi dan produktivitas primer, sedangkan arus terlalu lemah ($<0,5$ m/s) atau terlalu kuat ($>1,0$ m/s) berdampak negatif terhadap efisiensi makan ikan. Hubungan parameter lingkungan dengan respons ikan bersifat non-linear karena adanya ambang batas ekologis, di mana efek positif hanya terjadi pada kisaran optimal sebelum menimbulkan stres (Miranto, 2017; Pratama et al., 2023). Hal ini diperkuat oleh hasil GAM yang menunjukkan bahwa kombinasi multi-parameter lebih signifikan dibanding parameter tunggal. Meski performa model tinggi, potensi *overfitting* tetap perlu diperhatikan. Penggunaan AIC membantu menyeimbangkan akurasi dan kompleksitas model, namun validasi independen masih diperlukan.

Hubungan Nonlinear Variabel Lingkungan

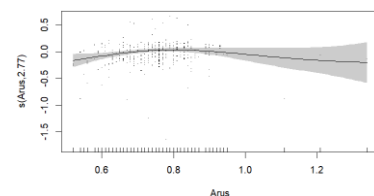
Hasil kurva *smoothing* dari model GAM (Gambar 11–15) menunjukkan bahwa seluruh parameter oseanografi memiliki hubungan non-linear dengan CPUE ikan karang. Setiap variabel menunjukkan kisaran optimal yang berbeda dalam mendukung produktivitas penangkapan. Secara umum, CPUE cenderung meningkat pada kisaran suhu 29,7–31,0°C, salinitas 29,4–29,7 psu, kecepatan arus 0,7–0,9 m/s, konsentrasi klorofil-a 0,2–0,6 mg/m³, serta tinggi muka laut 0,9–1,5 m. Di luar kisaran tersebut, respons CPUE cenderung menurun, yang menunjukkan adanya batas ekologis terhadap kondisi lingkungan. Temuan ini mengindikasikan bahwa keberhasilan penangkapan ikan karang tidak ditentukan oleh nilai ekstrem suatu parameter, melainkan oleh kombinasi kondisi oseanografi yang berada pada kisaran optimal tertentu (lihat tabel 3).



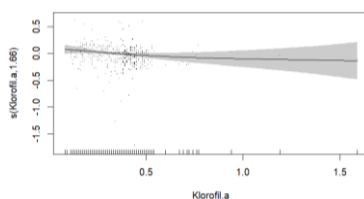
Gambar 11. Kurva CPUE Suhu



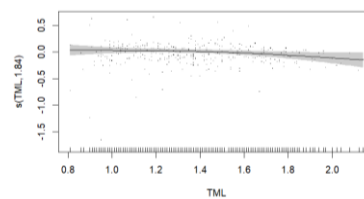
Gambar 12. Kurva CPUE Salinitas



Gambar 13. Kurva CPUE Arus



Gambar 14. Kurva CPUE Klorofil-a



Gambar 15. Kurva CPUE TML

Tabel 3. Nilai Optimal Parameter Oseanografi

Parameter	Kisaran Optimal	Kisaran Suboptimal
Suhu (°C)	29,7 – 31,0	31,5 – 32,5
Salinitas (psu)	29,4 – 29,7	29,2 – 29,3; 29,8 – 29,9
Arus (m/s)	0,7 – 0,9	1,0 – 1,3
Klorofil-a (mg/m ³)	0,2 – 0,6	> 1,0
TML (m)	0,9 – 1,5	1,7 – 2,2

Daerah Prediksi Potensial Penangkapan Berdasarkan Analisis HSI

Hasil pemodelan *Habitat Suitability Index* (HSI) menunjukkan sebaran spasial daerah potensial penangkapan ikan karang di perairan Pulau Kerdau. Nilai HSI berkisar antara 0 hingga 1, dengan nilai mendekati 1 mengindikasikan kesesuaian habitat yang tinggi. Persentase titik penangkapan berdasarkan kelas HSI pada setiap trip disajikan pada Tabel 4.

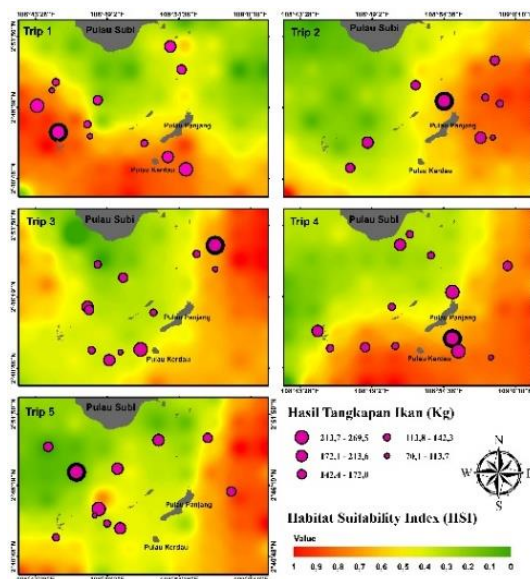
Tabel 4. Persentase Titik Penangkapan berdasarkan Kelas HSI

Trip	HSI ≤ 0,5		HSI 0,5–0,6		HSI 0,6–0,9		Total Titik
	%	n	%	n	%	n	
1	25,00	3	8,33	1	66,67	8	12
2	33,33	3	11,11	1	55,56	5	9
3	25,00	3	50,00	6	25,00	3	12
4	30,77	4	15,38	2	53,85	7	13
5	81,82	9	9,09	1	9,09	1	11
Total	38,60	22	19,31	11	42,11	24	57

Keterangan: % = Persentase; n = Jumlah Titik

Hasil pemodelan *Habitat Suitability Index* (HSI) (Tabel 4) menunjukkan sebagian besar aktivitas penangkapan ikan karang terkonsentrasi pada wilayah dengan kesesuaian habitat sedang hingga tinggi (HSI ≥ 0,5). Dari total 57 titik penangkapan, kelas HSI 0,6–0,9 mendominasi dengan 24 titik, diikuti HSI ≤ 0,5 sebanyak 22 titik dan HSI 0,5–0,6 sebanyak 11 titik. Dominasi kelas HSI 0,6–0,9 terlihat pada Trip 1 (66,67%; 8 titik), Trip 2 (55,56%; 5 titik), dan Trip 4 (53,85%; 7 titik), yang mengindikasikan nelayan cenderung beroperasi pada area secara ekologis mendukung keberadaan ikan. Namun, distribusi tersebut bervariasi antar trip, dimana Trip 3 didominasi kelas HSI 0,5–0,6 (50,00%; 6 titik), sedangkan Trip 5 sebagian besar berada pada HSI ≤ 0,5 (9 titik). Variasi ini menunjukkan perubahan distribusi daerah penangkapan antar trip (Gambar 16).

Tidak ditemukannya titik penangkapan pada kelas HSI ≥ 0,9 menunjukkan bahwa habitat dengan tingkat kesesuaian sangat tinggi relatif jarang selama periode penelitian. Kondisi ini mengindikasikan area dengan HSI sedang hingga tinggi merupakan lokasi lebih realistis untuk aktivitas penangkapan. Di sisi lain, keberadaan titik penangkapan pada HSI < 0,5 menunjukkan bahwa aktivitas nelayan tidak hanya dipengaruhi oleh kesesuaian habitat, tetapi juga faktor lain seperti oseanografi, dan pengalaman nelayan. Oleh karena itu, model HSI dapat digunakan sebagai alat identifikasi awal daerah potensial penangkapan, namun perlu dipadukan dengan pertimbangan operasional di lapangan.



Gambar 16. Prediksi HSI Trip 1 – Trip 5

Validasi Model Prediksi dengan Data Aktual Penangkapan

Validasi model *Habitat Suitability Index* (HSI) dilakukan dengan membandingkan nilai HSI hasil prediksi dengan hasil tangkapan aktual pada setiap titik pengamatan. Hasil menunjukkan bahwa tangkapan ikan karang cenderung lebih tinggi pada lokasi dengan nilai HSI sedang hingga tinggi ($\geq 0,5$). Beberapa titik dengan nilai HSI tinggi secara konsisten menghasilkan tangkapan besar, menunjukkan adanya kesesuaian antara prediksi model dan kondisi lapangan. Secara keseluruhan, sebanyak 61,40% (35 titik) lokasi penangkapan berada pada zona HSI $\geq 0,5$, sedangkan 38,60% (22 titik) berada pada zona HSI $< 0,5$. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengidentifikasi daerah penangkapan yang produktif. Selain itu, parameter oseanografi yang digunakan, yaitu suhu, salinitas, arus, klorofil-a, dan tinggi muka laut, terbukti relevan dalam menjelaskan distribusi ikan karang di perairan Pulau Kerdau.

Namun, masih ditemukan beberapa lokasi dengan nilai HSI rendah yang menghasilkan tangkapan relatif tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa keberadaan ikan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, tetapi juga oleh kondisi habitat, aspek operasional penangkapan, serta faktor sosial-ekonomi nelayan. Oleh karena itu, model HSI dapat dimanfaatkan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam penentuan daerah penangkapan ikan, tetapi penggunaannya perlu dipadukan dengan pengetahuan dan pengalaman lokal nelayan agar hasilnya lebih optimal.

Pengaruh Parameter Lingkungan (Oseanografi) Terhadap Distribusi Ikan

Hasil pemodelan GAM menunjukkan bahwa tidak ada parameter oseanografi yang berpengaruh signifikan secara tunggal terhadap CPUE ikan karang. Nilai p-value seluruh model univariat $> 0,05$ dan CDE $< 4\%$, yang mengindikasikan bahwa hasil tangkapan dipengaruhi oleh interaksi beberapa faktor lingkungan, bukan oleh satu parameter saja. Kinerja model meningkat ketika beberapa variabel dikombinasikan, terutama yang melibatkan arus. Model terbaik yang menggabungkan suhu, salinitas, arus, klorofil-a, dan tinggi muka laut menghasilkan nilai AIC terendah (709,943) dan CDE tertinggi (73,21%). Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi ikan karang dipengaruhi oleh interaksi berbagai parameter oseanografi secara bersamaan. Kurva *smoothing* menunjukkan kisaran optimal untuk tingginya CPUE, yaitu suhu 29,7–31,0°C, arus 0,7–0,9 m/s, dan klorofil-a 0,2–0,6 mg/m³. Selain kondisi oseanografi, keberadaan ikan karang juga dipengaruhi oleh habitat terumbu karang dan ketersediaan pakan, sehingga pendekatan multivariat seperti GAM lebih efektif dalam menjelaskan pola distribusinya.

Optimalisasi Kondisi Lingkungan Untuk Penangkapan Ikan

Berdasarkan kurva *smoothing* GAM, kondisi lingkungan yang optimal untuk penangkapan ikan karang di Pulau Kerdau meliputi suhu 29,7–31,0°C, salinitas 29,4–29,7 psu, arus 0,7–0,9 m/s, klorofil-a 0,2–0,6 mg/m³, dan tinggi muka laut 0,9–1,5 m. Kisaran tersebut mencerminkan perairan yang mendukung ketersediaan pakan, metabolisme, dan aktivitas ikan karang.

Arus sedang berperan dalam distribusi nutrisi dan plankton, sedangkan klorofil-a menunjukkan tingkat produktivitas perairan yang mendukung rantai makanan. Salinitas yang stabil dan tinggi muka laut yang sesuai turut menciptakan kondisi habitat yang mendukung keberadaan ikan karang. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi ikan karang dipengaruhi oleh interaksi beberapa faktor lingkungan yang bersifat nonlinear. Oleh karena itu, pemetaan daerah penangkapan ikan perlu mempertimbangkan kombinasi parameter oseanografi secara menyeluruh untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat.

Implikasi Habitat Benthik Terhadap Penangkapan Ikan

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa dari 57 titik penangkapan, hanya 8 titik (14,03%) berada pada habitat benthik, sedangkan 49 titik (85,97%) berada di luar habitat tersebut. Meskipun demikian, hasil tangkapan didominasi ikan famili Serranidae yang umumnya berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang. Temuan ini menunjukkan bahwa ikan karang tidak selalu berada tepat di habitat intinya, tetapi juga memanfaatkan perairan sekitarnya untuk mencari makan dan merespons perubahan lingkungan.

Dominasi titik tangkapan di luar habitat bentik dapat dijelaskan oleh konektivitas ekologis antara habitat inti dan daerah pencarian makan (*foraging ground*), serta perilaku pergerakan ikan karang yang memungkinkan mereka tertangkap di luar area terumbu karang. Selain itu, keterbatasan resolusi peta habitat bentik juga berpotensi menyebabkan beberapa area habitat tidak teridentifikasi secara optimal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa distribusi ikan karang dipengaruhi tidak hanya oleh keberadaan habitat bentik, tetapi juga oleh kondisi oseanografi dan konektivitas antarhabitat. Oleh karena itu, pengelolaan perikanan perlu menerapkan pendekatan berbasis ekosistem yang mencakup perlindungan habitat inti, pengaturan zonasi penangkapan, serta pelibatan masyarakat untuk mendukung keberlanjutan sumber daya ikan karang.

Efektivitas Model GAM dan HSI dalam Pemetaan Fishing Ground

Pendekatan *Generalized Additive Model* (GAM) yang dikombinasikan dengan *Habitat Suitability Index* (HSI) terbukti efektif dalam memetakan daerah potensial penangkapan ikan karang di perairan Pulau Kerdau. Hasil validasi menunjukkan 61,40% titik penangkapan aktual berada pada zona $HSI \geq 0,5$, yang menunjukkan kemampuan model dalam mengidentifikasi lokasi penangkapan yang produktif. Peningkatan nilai CDE pada model multivariat juga mengindikasikan bahwa GAM mampu menangkap hubungan nonlinear dan interaksi kompleks antar parameter lingkungan dengan baik.

Meskipun demikian, masih terdapat 38,60% titik tangkapan pada zona HSI rendah, yang menunjukkan adanya faktor lain yang belum terakomodasi dalam model, seperti kedalaman, karakteristik substrat, struktur terumbu karang, dan tekanan penangkapan. Oleh karena itu, pengembangan model selanjutnya perlu mengintegrasikan variabel habitat yang lebih lengkap serta mempertimbangkan pendekatan *machine learning* untuk meningkatkan akurasi prediksi. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya di WPP 711 yang menunjukkan bahwa suhu dan klorofil-a merupakan parameter penting dalam menentukan daerah penangkapan ikan. Temuan tersebut memperkuat validitas pendekatan GAM-HSI sebagai metode pemetaan *fishing ground* yang efektif.

Variasi Spasial dan Temporal Daerah Potensial Penangkapan

Hasil pemetaan HSI menunjukkan adanya variasi spasial dan temporal pada daerah potensial penangkapan ikan karang di perairan Pulau Kerdau. Zona potensial ($HSI \geq 0,5$) mengalami pergeseran dan perubahan luasan pada setiap trip penelitian, menunjukkan bahwa daerah penangkapan bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan, terutama arus dan distribusi klorofil-a.

Fluktuasi nilai HSI dan CPUE antar trip mengindikasikan bahwa perubahan suhu permukaan laut, arus, dan produktivitas perairan berpengaruh terhadap distribusi ikan karang. Hal ini menunjukkan bahwa ikan karang dapat berpindah mengikuti kondisi lingkungan yang lebih optimal. Selain faktor lingkungan, musim juga memengaruhi dinamika daerah penangkapan. Temuan ini menegaskan bahwa zona penangkapan ikan karang tidak bersifat tetap, sehingga diperlukan pemantauan lingkungan dan pembaruan peta *fishing ground* secara berkala untuk mendukung pengelolaan perikanan yang lebih adaptif dan efektif.

Implikasi Pengelolaan Perikanan Berkelanjutan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemodelan *Habitat Suitability Index* (HSI) berpotensi mendukung pengelolaan perikanan berkelanjutan di perairan Pulau Kerdau. Peta HSI dapat membantu nelayan menentukan lokasi penangkapan yang lebih produktif sehingga meningkatkan efisiensi operasi penangkapan. Selain itu, kisaran optimal parameter oseanografi yang diperoleh dapat dimanfaatkan dalam sistem pemantauan lingkungan berbasis satelit untuk mendeteksi perubahan zona penangkapan.

Variasi spasial dan temporal daerah penangkapan menunjukkan bahwa pengelolaan perikanan perlu dilakukan secara adaptif mengikuti dinamika lingkungan. Distribusi ikan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor oseanografi, tetapi juga kondisi habitat, tekanan penangkapan, dan faktor sosial-ekonomi, sehingga diperlukan pendekatan pengelolaan berbasis ekosistem. Dalam konteks kebijakan, peta HSI dapat menjadi dasar penyusunan

zonasi perikanan melalui pengaturan area penangkapan dan kawasan konservasi guna mendukung keberlanjutan sumber daya serta ekosistem laut di Pulau Kerdau.

KESIMPULAN

Parameter oseanografi secara individu tidak berpengaruh signifikan terhadap CPUE ikan karang di perairan Pulau Kerdau. Namun, kombinasi suhu, salinitas, arus, klorofil-a, dan tinggi muka laut mampu menjelaskan variasi CPUE dengan baik, dengan model terbaik memiliki nilai CDE 73,21% dan AIC 709,943. Pemetaan menggunakan HSI menunjukkan akurasi yang cukup baik, di mana 61,40% titik tangkapan berada pada zona potensial ($HSI \geq 0,5$). Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan GAM dan HSI efektif untuk memetakan daerah penangkapan ikan karang serta mendukung pengelolaan perikanan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Penelitian ini masih terbatas pada periode pengamatan Juli–Agustus dan hanya menggunakan beberapa parameter oseanografi, sehingga belum menggambarkan dinamika musiman maupun faktor habitat dan sosial-ekonomi yang memengaruhi hasil tangkapan. Selain itu, model GAM belum sepenuhnya mampu mengakomodasi interaksi kompleks dibandingkan pendekatan *machine learning*.

Nelayan disarankan memanfaatkan peta HSI sebagai acuan penentuan lokasi penangkapan. Pemerintah dapat mengintegrasikan hasil penelitian ini dalam pengelolaan dan zonasi perikanan berkelanjutan. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan lintas musim, menambahkan variabel lingkungan dan habitat yang lebih beragam, serta mengembangkan model berbasis *machine learning* untuk meningkatkan akurasi pemetaan daerah penangkapan ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akita, E. A., Gaol, J. L., & Amri, K. (2022). Model Maximum Entropy untuk Prediksi Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Kecil di Laut Jawa. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(3), 449–46.
DOI: <https://doi.org/10.29244/j.itkt.v14i3.45164>
- Ampou, E. E., Andrefouet, S., Muller-Karger, F. E., Robinson, J. A., Kranenburg, C. J., & Spencer, T. (2018). Challenges in coral reef habitat mapping in Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 290–301.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.026>
- Apriansyah, A., & Utami, P. B. (2024). Karakteristik Oseanografi dan Musim Penangkapan Ikan Kembung (*Rastrellinger sp.*) di Laut Natuna. *MANFISH JOURNAL*, 5(1), 22–31.
DOI: <https://doi.org/10.31573/manfish.v5i1.704>
- Asmarani, E. W. D., Ma'mun, A., & Febrianto, T. (2025). ANALISIS PARAMETER OSEANOGRAFI DAN KAITANNYA DENGAN HASIL TANGKAPAN IKAN TENGGIRI (*Scromeberomorus commerson*) DI PERAIRAN TIMUR BINTAN. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 31(2), 83.
DOI: <https://doi.org/10.15578/jppi.31.2.2025.1-13>
- Damayanti, S. P., Aida, G. R., Kusyairi, A., Marpaung, S., & Setiawan, K. T. (2024). Pemetaan Daerah Penangkapan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) Di Wilayah Pengelolaan Perikanan 572 Yang Didaratkan Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta. *Jurnal Perikanan Unram*, 14(1), 317–329.
DOI: <https://doi.org/10.29303/jp.v14i1.780>
- Deniro, Sadarun, B., & Yusnaini. (2017). PENGARUH KENAIKAN SUHU AIR LAUT TERHADAP TINGKAH LAKU IKAN KARANG (*Amblyglyphidodon curacao*) PADA WADAH TERKONTROL. *Jurnal Sapa Laut*, 2(3).
DOI: <http://dx.doi.org/10.33772/jsl.v2i3.3608>
- Fitriani, N. (2020). Analisis Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan Ikan (Fishing Ground) Dengan Menggunakan Citra Satelit Terra Modis Dan Parameter Oseanografi. *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 50–58.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jgundip.2021.29622>

- Fitriani, W., & Tadjuddah, M. (2025). Pengaruh Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Cakalang di Perairan Buton, Sulawesi Tenggara. JSiPi (Jurnal Sains Dan Inovasi Perikanan)(Journal Of Fishery Science And Innovation), 9(1), 78–89.
DOI: <https://doi.org/10.33772/jsipi.v9i1.1036>
- Fuadi, A., Akbar, M. W., & Irham, M. (2022). Analisis Daerah Penangkapan Ikan Tuna Sirip Kuning (Thunnus albacares) Berdasarkan Sebaran Klorofil A Di Perairan Utara Provinsi Aceh. Jurnal Perikanan Terpadu, 2(2).
DOI: <https://doi.org/10.35308/jupiter.v2i2.4562>
- Gohin, F. (2011). Annual cycles of chlorophyll-a, non-algal suspended particulate matter, and turbidity observed from space and in-situ in coastal waters. Ocean Science, 7(5), 705–732.
DOI: <https://doi.org/10.5194/os-7-705-2011>
- Hafiz, M., Widagdo, S., & Prasita, V. D. (2024). Intensitas upwelling selama periode el niño–southern oscillation (enso) di perairan selatan jawa. Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research)(J-Tropimar), 6(1), 1–10.
DOI: <https://doi.org/10.30649/jrkt.v6i1.77>
- Hastuti, H., Wirasatriya, A., Maslukah, L., Subardjo, P., & Kunarso, K. (2021). Pengaruh faktor klorofil-a dan suhu permukaan laut terhadap hasil tangkapan ikan teri (Stelephorus sp) di Jepara. Indonesian Journal of Oceanography, 3(2), 197–205.
DOI: <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i2.11222>
- Hukubun, R. D., & Tubalawony, S. (2024). Variabilitas Klorofil-A Di Perairan Kepulauan Kei, Maluku Tenggara. Biofaal Journal, 5(1), 34–43.
DOI: <https://doi.org/10.30598/biofaal.v5i1pp034-043>
- Kritzer, J. P., DeLucia, M.-B., Greene, E., Shumway, C., Topolski, M. F., Thomas-Blate, J., Chiarella, L. A., Davy, K. B., & Smith, K. (2016). The importance of benthic habitats for coastal fisheries. BioScience, 66(4), 274–284.
DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biw014>
- Kurnia, I. (2022). Aspek Nasional dan Internasional Pemanfaatan Surplus Perikanan. Sinar Grafika.
- Latifah, A. L., Wulandari, S. Y., & Kunarso, K. (2024). hubungan suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a terhadap hasil tangkapan yellowfin tuna (Thunnus albacares) yang didaratkan di Pelabuhan Tamperan, Pacitan. Indonesian Journal of Oceanography, 6(3), 197–208.
DOI: <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i3.20575>
- Link, J. S., & Browman, H. I. (2017). Operationalizing and implementing ecosystem-based management. ICES Journal of Marine Science, 74(1), 379–381.
DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw247>
- Maturbongs, M. R., Elviana, S., & Burhanuddin, A. I. (2019). Keterkaitan parameter fisik-kimia perairan dengan kelimpahan jenis ikan demersal di Sungai Maro pada fase bulan berbeda musim peralihan I. Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan, 12(1), 162–173.
DOI: <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.12.1.162-172>
- Miranto, T. (2017). Analisis Konsentrasi Klorofil-A Dan Suhu Permukaan Laut Terhadap Kelimpahan Ikan Karang Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh Di Perairan Utara Selat Bali [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Najmi, N., Boer, M., & Yulianda, F. (2016). Pengelolaan ekosistem terumbu karang di kawasan konservasi perairan daerah pesisir timur Pulau Weh. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 2(8), 781–790.
- Ningsih, R. K., & Syah, A. F. (2020). Karakteristik parameter oseanografi ikan demersal di perairan laut arafura menggunakan data penginderaan jauh. Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan, 1(1), 122–131.
DOI: <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i1.6884>
- Nugraha, S., Zahrina, N., Yanfeto, B., & Agassi, R. N. (2024). Variasi Sebaran Parameter Oseanografi di Sekitar Pulau Bawean pada Bulan Maret 2019: The Distribution Variations of Oceanographic Parameters around Bawean Island in March 2019. Jurnal Hidrografi Indonesia, 6(1), 35–44.

- DOI: <https://doi.org/10.62703/jhi.v6i1.50>
- Nurhayati, E., & Putra, R. A. D. (2024). Strategi Pengawasan Wilayah Pengelolaan Perikanan Indonesia (WPP 711) guna Memaksimalkan Hasil Perikanan Tangkap. Seminar Nasional Kontribusi Vokasi, 1(1), 89–95.
- Pemerintah Kabupaten Natuna. (2021). Mengenal Kabupaten Natuna dan Segala Potensi Kekayaan Alamnya. Retrieved May 19, 2025, from <https://marwahkepri.com/2024/02/09/mengenal-kabupaten-natuna-dan-segala-potensi-kekayaan-alamnya/>
- Pratama, M. R., Kushadiwijayanto, A. A., & Nurrahman, Y. A. (2023). Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan Ikan Tongkol Komo (*Euthynnus affinis*) di WPP-RI 711. Jurnal Laut Khatulistiwa, 6(2), 108–118.
DOI: <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v6i2.59731>
- Rahman, M. A. Z., Afiati, N., & Purnomo, P. W. (2021). Pengaruh Kondisi Terumbu Karang Dengan Struktur Komunitas Ikan Karang Di Pulau Karimunjawa Dan Pulau Kemujan, Jepara, Jawa Tengah. Jurnal Pasir Laut, 5(2), 128–140.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jpl.2021.36473>
- Ranawudd, U. I., Apriansyah, A., & Safitri, I. (2025). Penentuan Indeks Kesehatan Laut Berdasarkan Parameter Oseanografi di Perairan Kabupaten Sambas. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(2), 487–490.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.23.2.487-490>
- Rosalina, D., Rizkiah, R., Wardono, S., Sutrisno, B. O., Ismail, R. M., Leilani, A., & Amiluddin, M. (2024). Pola Arus Dan Sebaran Klorofil-a Di Perairan Laut Flores Pada Tahun 2021. Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology, 17(3), 201–212.
DOI: <https://doi.org/10.21107/jk.v17i3.25907>
- Safuruddin, S., Hidayat, R., & Zainuddin, M. (2020). Skipjack tuna fishing ground based on oceanography satellite image data in fisheries management area (FMA) 713. Torani Journal of Fisheries and Marine Science, 51–60. 1.
DOI: <https://doi.org/10.35911/torani.v3i2.11368>
- Sambah, A. B., Fardilah, M. F. F., Fuad, M. A. Z., & Rahman, M. A. (2021, November). Fishing Ground Mapping of Demersal Fish in The Riau Islands Province Waters Related to the Oceanographic Factors. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 934, No. 1, p. 012061). IOP Publishing.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/934/1/012061>
- Sambah, A. B., Wuryantoro, P., & Yulianto, E. S. (2022). Komposisi dan distribusi penangkapan ikan alat tangkap payang di Perairan Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.
DOI: <https://doi.org/10.29244/jmf.v11i2.38272>
- Saputra, G., Permatasari, I. N., & Kisnarti, E. A. (2024). Dampak Upwelling terhadap Zona Potensial Penangkapan Ikan (ZPPI). Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research)(J-Tropimar), 6(2), 70–85.
DOI: <https://doi.org/10.30649/jrkt.v6i2.92>
- Siregar, E. S. Y., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2018). Analisis daerah penangkapan ikan tuna sirip kuning *Thunnus albacares* di perairan sumatera barat berdasarkan model gam. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 10(2), 501–516.
DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21908>
- Tangke, U., Karuwal, J. W. C., Mallawa, A., & Zainuddin, M. (2016). Analisis Hubungan Suhu Permukaan Laut, Salinitas, Dan Arus Dengan Hasil Tangkapan Ikan Tuna Di Perairan Bagian Barat Pulau Halmahera. Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, 3(5).
DOI: <https://doi.org/10.20956/jjpsp.v3i5.1927>
- Utama, A. F., Maulana, A., Alfany, D., Dharma, C. S., & Harsono, G. (2023). Pemetaan Kriteria Upwelling di Wilayah Kepulauan Karimata Menggunakan Parameter Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A pada Bulan Mei 2023: Mapping of Upwelling Criteria in The Karimata Islands Region using Sea Surface Temperature and Chlorophyll-A Parameters in May 2023. Jurnal Hidrografi Indonesia, 5(2), 99–104.
DOI: <https://doi.org/10.62703/jhi.v5i2.26>

Wibowo, A., Prabawa, E., & Sugiarto, E. (2021). Manajemen strategi pengelolaan sumber daya maritim di Indonesia. *Kebijakan: Jurnal Ilmu Administrasi*, 12(2), 163–170.
DOI: <https://doi.org/10.23969/kebijakan.v12i2.4201>