

KOMPOSISI DAN POLA DISTRIBUSI SPASIAL IKTIIOFAUNA DI KAWASAN ESTUARY SEGORO ANAK RESORT GRAJAGAN TAMAN NASIONAL ALAS PURWO

Pinanggih Kuncoro Jati*, Hasyim As'ari, Fuad Ardiyansyah

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas PGRI Banyuwangi

Jl. Ikan Tongkol No. 22, Kertosari, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68416

e-mail: pinanggihk@gmail.com

Abstrak

Ekosistem estuari merupakan wilayah transisi yang memiliki gradien lingkungan kompleks sehingga berperan penting dalam membentuk struktur komunitas dan distribusi spasial iktiofauna. Meskipun demikian, informasi mengenai keterkaitan antara karakteristik habitat, pola distribusi spesies, dan faktor lingkungan pada Estuari Segoro Anak, Kabupaten Cilacap, masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur komunitas, tingkat kemiripan komunitas, pola distribusi spasial, serta hubungan antara iktiofauna dengan parameter lingkungan pada kawasan estuari tersebut. Pengambilan sampel dilakukan pada enam stasiun yang mewakili variasi habitat sepanjang gradien estuari. Analisis meliputi indeks struktur komunitas, indeks kemiripan Bray-Curtis, Indeks Morisita Terstandarisasi (Ip), dan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA). Hasil penelitian mengidentifikasi sebanyak 35 spesies iktiofauna yang berasal dari berbagai kelompok ekologis. Analisis Bray-Curtis menunjukkan tingkat kemiripan komunitas tertinggi terjadi antara Stasiun I dan III (0,78), sedangkan kemiripan terendah terdapat pada Stasiun V dan VI (0,34) yang mengindikasikan perbedaan karakteristik habitat dan kualitas lingkungan. Analisis Indeks Morisita memperlihatkan bahwa 21 spesies (60,00%) memiliki pola distribusi mengelompok, 11 spesies (31,43%) menunjukkan pola seragam, 1 spesies (2,86%) berpola acak, dan 2 spesies (5,71%) tidak dapat diklasifikasikan karena jumlah individu yang tidak memenuhi persyaratan analisis. Hasil CCA menunjukkan bahwa salinitas, suhu, oksigen terlarut, pH, dan kedalaman merupakan faktor lingkungan utama yang mengendalikan distribusi spesies. Gradien lingkungan tersebut menyebabkan terjadinya pemisahan komunitas ikan sesuai preferensi habitat, mulai dari kawasan hulu, habitat mangrove, hingga zona estuari yang dipengaruhi laut. Temuan ini menegaskan bahwa heterogenitas habitat merupakan faktor utama yang menentukan struktur komunitas dan pola distribusi iktiofauna di Estuari Segoro Anak serta menyediakan dasar ilmiah bagi pengelolaan dan konservasi ekosistem estuari secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Iktiofauna, Komposisi, Distribusi, Estuary, Taman Nasional Alas Purwo

Abstract

Estuarine ecosystems are transitional environments characterized by complex environmental gradients that strongly influence fish community structure and spatial distribution. However, information regarding the relationships among habitat characteristics, species distribution patterns, and environmental variables in the Segoro Anak Estuary, Cilacap Regency, Indonesia, remains limited. This study aimed to analyze fish community structure, community similarity, spatial distribution patterns, and the relationships between ichthyofauna and environmental variables within the estuary. Fish sampling was conducted at six stations representing different habitat types along the estuarine gradient. Data were analyzed using community structure indices, the Bray-Curtis similarity index, the Standardized Morisita Index (Ip), and Canonical Correspondence Analysis (CCA). A total of 35 fish species representing several ecological groups were recorded. Bray-Curtis analysis revealed the highest community similarity between Stations I and III (0.78) and the lowest similarity between Stations V and VI (0.34), reflecting marked differences in habitat characteristics and water quality. The Standardized Morisita Index indicated that 21 species (60.00%) exhibited a clustered distribution pattern, 11 species (31.43%) showed a uniform distribution, 1 species (2.86%) displayed a random distribution, while 2 species (5.71%) could not be classified because of insufficient sample size. Canonical Correspondence Analysis demonstrated that salinity, water temperature, dissolved oxygen, pH, and water depth were the principal environmental variables shaping fish distribution. These environmental gradients generated distinct fish assemblages associated with upstream, mangrove, and marine-influenced estuarine habitats. The findings demonstrate that habitat heterogeneity is the primary ecological driver regulating fish community structure and spatial distribution in the Segoro Anak Estuary, providing a scientific basis for estuarine ecosystem management and conservation.

Keywords: Ichthyofauna, Composition, Distribution, Estuary, Alas Purwo National Park

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara maritim dengan wilayah perairan 2/3 dari total luas wilayahnya (Febiana, 2024). Badan Informasi Geospasial (2013), menunjukkan bahwa luas daratan Indonesia mencapai $\pm 1,905$ juta km^2 , yang dikelilingi wilayah perairan dengan luas $\pm 3,257$ juta km^2 . Indonesia juga memiliki panjang garis pantai mencapai 95.161km yang membentang dari Sabang hingga Merauke, menjadikan Indonesia sebagai negara dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada (Hasanah, 2020). Luas wilayah tersebut mendukung berbagai ekosistem penting seperti terumbu karang, *estuary*, mangrove, dan padang lamun yang berperan dalam menjaga produktivitas perairan (Hutomo, 2005a). Berdasarkan hal tersebut, Indonesia termasuk dalam kawasan *marine megabiodiversity* dengan tingkat keanekaragaman ekosistem tinggi (Wibowo *et al.*, 2021). Salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi dengan tingkat keanekaragaman hayati laut tinggi terletak di Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur (Nazhoom, 2025).

Banyuwangi merupakan kabupaten terluas yang terletak di ujung timur Pulau Jawa dan berbatasan langsung dengan Selat Bali (Eston *et al.*, 2016). Banyuwangi memiliki beberapa kawasan yang mendukung aktivitas konservasi perairan, salah satunya adalah Taman Nasional Alas Purwo (TNAP) yang termasuk kawasan konservasi dengan garis pantai terpajang di Banyuwangi sekaligus berbatasan langsung dengan samudra Hindia (Yuliarti, 2023). TNAP secara geografis terletak di $8^{\circ}26'-8^{\circ}47'$ LS, $114^{\circ}20'-114^{\circ}36'$ BT, dan ditetapkan melalui Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 283/Kpts-II/1992 sebagai kawasan konservasi (Syamsul, 2008). William, (2022), menjelaskan bahwa TNAP dikelola dengan sistem zonasi yang terdiri dari zona inti, zona rimba, zona pemanfaatan intensif (tradisional), dan zona penyangga. Luas kawasan TNAP mencapai

44.037, 30 ha, dengan panjang garis pantai $\pm 105\text{km}$ yang membentang dari Resort Sembulugan sampai Resort Grajagan (KSDAE, 2013). Panjang garis pantai tersebut mendukung terbentuknya berbagai ekosistem perairan, salah satunya kawasan Segoro Anak di Resort Grajagan yang merupakan perpaduan ekosistem *estuary* sepanjang ± 16 km dengan dikelilingi oleh ekosistem hutan mangrove tertua serta terbaik di Indonesia mencapai 1.232,37 ha, dengan 66,99% termasuk dalam kategori kerapatan tinggi (Sukistyanawati, 2002).

Elliott & Whitfield, (2011), menjelaskan bahwa *estuary* merupakan ekosistem perairan semi tertutup yang terbentuk dari pencampuran air tawar dan air laut sehingga menghasilkan perairan payau dengan dinamika fisika, kimia, dan biologi. Kondisi tersebut menjadikan wilayah *estuary* memiliki kandungan nutrisi tinggi (Flindt *et al.*, 1999). Tingginya nutrisi tersebut dipengaruhi oleh keberadaan fitoplankton yang berperan sebagai produsen primer penghasil oksigen melalui proses fotosintesis (Nindarwi *et al.*, 2019; Tambaru *et al.*, 2023). Selain itu, keberadaan detritivor juga berkontribusi dengan mengubah komponen anorganik menjadi senyawa organik (Gessner *et al.*, 2010). Sheaves *et al.*, (2015), juga menjelaskan bahwa keberadaan *estuary* yang dikelilingi oleh ekosistem mangrove memberikan fungsi ekologi penting bagi berbagai organisme akuatik. Fungsi tersebut meliputi: habitat alami, daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah pembesaran (*nursery ground*), perlindungan predasi, penyalur energi dalam jaring-jaring makanan, serta jalur migrasi bagi berbagai jenis organisme, termasuk kelompok ikan (iktiofauna) (Whitfield, 2024).

Iktiofauna merupakan keseluruhan kelompok ikan yang menghuni suatu wilayah perairan, baik perairan tawar, payau, dan juga perairan asin (laut) (Ferreira *et al.*, 2019). Kelompok iktiofauna bernapas dengan

menggunakan insang, memiliki alat gerak sirip, serta umumnya dilapisi oleh sisik dan memiliki bentuk tubuh menyerupai torpedo (*fusiform*) yang dapat memudahkan pergerakan di dalam air (18). Spesies iktiofauna di dunia diketahui mencapai ± 35.900 yang tergolong dalam 628 famili dan 84 ordo (Malcolm, 2026). Data FishBase (2026), menunjukkan bahwa total spesies iktiofauna di Indonesia mencapai $\pm 14\%$ dari total keseluruhan yang ada di dunia, dengan yang telah tercatat mencapai 5.113 spesies, yang terdiri dari 3.888 spesies air asin (laut), dan 1.309 spesies air tawar. Data Badan Riset dan Inovasi Nasional Tahun 2024 menunjukkan bahwa terdapat 630 spesies Iktiofauna merupakan endemik Indonesia BRIN (2024), dan 1.479 spesies ikan diantaranya berstatus terancam punah (*endangered*) (IUCN Red list, 2025).

Kajian terkait iktiofauna di Segoro Anak TNAP telah beberapa kali dilakukan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ainullah *et al.*, (2015) terkait keanekaragaman dan pemerataan iktiofauna di Segoro Anak TNAP, menunjukkan bahwa dari 10 stasiun penelitian diperoleh 13 spesies teridentifikasi. Hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Malini, (2016) terkait identifikasi jenis ikan pelagis di Segoro Anak TNAP, didapatkan 4 spesies diantaranya adalah *Scatophagus argus*, *Nibea fusca*, *Aluterus macracanthus*, dan *Toxotes jaculatrix*. Serta, berdasarkan hasil studi pendahuluan terkait iktiofauna yang dilakukan pada bulan Oktober-Desember 2025 di Segoro Anak TNAP, didapatkan 30 jenis ikan yang dibedakan menjadi 4 *Guild Fungsional* utama yaitu: *marine stragglers*, *marine migrants*, *estuary associated*, dan *freshwater estuary* (Jati & Ardiyansyah, 2025). Berdasarkan hal tersebut, ekosistem *estuary* Segoro Anak TNAP dimungkinkan memiliki komposisi dan keanekaragaman jenis iktiofauna yang tinggi dan berbeda berdasarkan karakteristik wilayahnya. Kajian yang dilakukan sebelumnya terfokus pada tingkat keanekaragaman dan

kemerataannya saja, sehingga diperlukan kajian komposisi dan pola distribusi iktiofauna untuk memonitoring dampak dari aktivitas nelayan, serta keberadaan berbagai spesies di wilayah di Segoro Anak TNAP yang berpotensi lokasi persebaran dari iktiofauna.

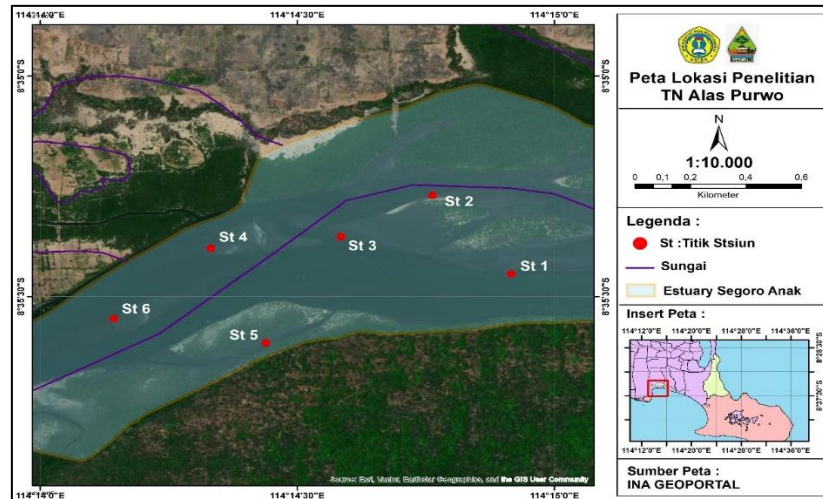
Menurut Teichert *et al.* (2018), perbedaan komposisi dan keanekaragaman iktiofauna pada suatu ekosistem dapat dipengaruhi oleh distribusi dan karakteristik variasi wilayah, yang dapat mencakup perbedaan karakteristik lingkungan, sumber nutrisi, dan gradien salinitas. Levine, (2021) menyatakan bahwa dengan menganalisis komposisi dan pola distribusi iktiofauna dalam suatu wilayah dapat menilai kondisi ekosistem perairan tersebut, karena mampu menggambarkan tingkat kesehatan perairan, stabilitas struktur trofik, serta respons komunitas terhadap dinamika lingkungan dan tekanan antropogenik (Lamothe *et al.*, 2018; Authman, 2015). Oleh karena itu, perlu adanya pendataan terkait komposisi dan pola distribusi iktiofauna di wilayah Segoro Anak TNAP sebagai informasi dan acuan dalam penentuan kebijakan pelestarian (konservasi) iktiofauna di Segoro Anak TNAP. Sehingga berdasarkan uraian latar belakang tersebut, peneliti melakukan penelitian dengan judul “Komposisi dan Pola Distribusi Spasial Iktiofauna di Kawasan *Estuary* Segoro Anak Resort Grajagan Taman Nasional Alas Purwo”.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan observatif, yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi aktual objek penelitian berdasarkan data angka yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan (Arif *et al.*, 2016).

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam kurun waktu 2 bulan, dimulai dari bulan Mei sampai Juni 2026 di Segoro Anak, blok Bedul Resort Grajagan Taman Nasional Alas Purwo.



Gambar. 1. Peta Lokasi Penelitian di Kawasan *Estuary* Segoro Anak TNAP

Terlihat pada (Gambar 3.1), warna merah pada peta Wilayah Kerja Taman Nasioanal Alas Purwo merupakan kawsan yang nantinya akan

dijadikan sebagai titik stasiun pengambilan sampel.

Tabel 1. Karakteristik 6 Stasiun Di Kawasan *Estuary* Segoro Anak TNAP

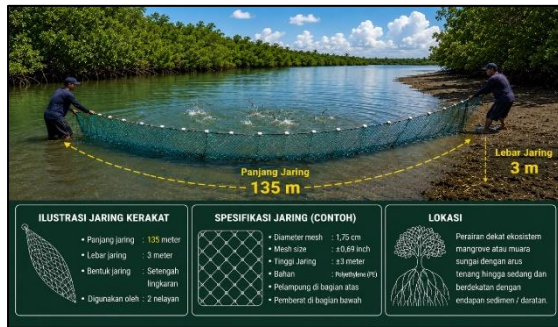
Stasiun	Blok	Koordinat	Karaketristik Wilayah
I	Sarenah	-8.590718, 114.247620	Zona hulu, area terbuka, salinitas rendah, dan area cenderung dalam
II	Babakan	-8.588134, 114.245236	Perairan cenderung tenang (<i>Back water area</i>), Area yang berdekatan dengan mangrove, substrat cenderung lumpur, dan area cenderung dangkal
III	Moseng	-8.589741, 114.242243	Zona tengah (<i>middle estuary</i>), area terbuka, terdapat percabangan aliran, area cenderung dalam
IV	Cacalan	-8.589512, 114.238862	<i>Back water area</i> , menerima aliran sungai secara langsung.
V	Marengan	-8.594030, 114.238373	<i>Tidel creak area</i> , diapit oleh ekosistem mangrove, area cenderung dangkal
VI	Patuk	-8.592649, 114.235197	Zona hilir, salinitas tinggi, area terbuka, berdekatan dengan keramba, area cenderung dalam.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: software Tides, termometer batang, pH meter, DO (*dissolved oxygen*) meter, *Global Positioning System* (Aplikasi GPS Esential), *hand refraktometer*, kertas label, *coolbox*, plastik sampel, alat tulis, penggaris, papan *background*, buku catatan, kamera *Hp*, dan jaring insang. Bahan yang digunakan dalam penelitian diantara lain: es batu dan formalin sebagai bahan untuk pengawetan, serta sampel iktiofauna yang didapatkan pada setiap lokasi pengambilan sebagai objek dalam penelitian.

C. Pengambilan Sampel Iktiofauna

Pengambilan sampel iktiofauna dilakukan secara Purposive sampling dengan menyesuaikan pola pasang surut air laut. Pengambilan sampel dilakukan ketika air sedang surut karena titik lokasi pengambilan sampel Iktiofauna berada pada daratan yang muncul ketika air sedang susrut di tengah *Estuary*. Pengambilan sampel ketikas susrut juga melalui pertimbangan terkait arus yang cenderung diam/tenang, sehingga memepmudah dalam penabaran jaring kerakat (jaring tidak terseret arus).



Gambar 2. Sketsa Pengambilan Sampel.

Contoh proses pengambilan sampel iktiofauna dapat dilihat pada Gambar 3.4, dengan prosedur sebagai berikut:

- Jaring akan dibentangkan dari endapan sedimen (daratan yang muncul ketika surut) menuju area sampling (Segoro Anak TNAP).
- Penebaran dilakukan dari oleh 2-3 nelayan, sampai memebentuk setengah lingkaran.
- Setelah membentuk setengah lingkaran, tanpa menunggu jaring kemudian ditarik menuju ke area endapan secara perlahan.
- Ulangi penebaran jaring pada setiap stasiun pengambilan berikutnya.

Periode penebaran dilakukan ketika air Segoro Anak TNAP sedang surut sehingga mempermudah ketika penebaran. Ketika surut arus Segoro Anak TNAP cenderung diam/pelan, sehingga waktu penebaran jaring kerakat tidak terseret arus.

D. Identifikasi Iktiofauna

Tahap identifikasi jenis iktiofauna pada ekosistem *estuary* dilakukan dengan mengacu pada karakteristik morfologi tingkat ordo yang dimiliki setiap spesimen sebagai berikut (Gde, 2022):

- Jenis Tulang (bertulang rawan dan bertulang sejati)
- Bentuk tubuh (pipih, silinder, memanjang, kompres lateral dan membulat).
- Tipe sisik (sikloid, ktenoid, ganoid, atau tidak bersisik) dan jumlah sisik garis rusuk/*lateral line*.
- Posisi mulut: (superior, terminal, inferior; bentuk rahang; barbel/ sungut).
- Jumlah sirip (punggung, jari-jari keras dan lunak, dan jumlah masing-masing meristik).

Identifikasi di tingkat spesies, proses identifikasi Iktiofauna dilakukan dengan menggunakan acuan E-Book identifikasi ikan, seperti White (2006), Market Fish of Indonesia dan juga menggunakan website Internasional seperti FishBase. Untuk menuliskan label pada sumbu-sumbu dari sebuah diagram/gambar lebih baik diguna-kan kata daripada simbol. Pastikan semua simbol maupun kata dapat dibaca (*readable*).

E. Analisis Data

1. Analisi Komposisi

Tabel 2. Indeks Ekologi

No	Parameter	Rumus	Kriteria
1.	Indeks Shannon-Weiner (H')	$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$ Keterangan: H = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ni = Jumlah individu spesies ke-i N = Jumlah total individu semua spesies S = Jumlah total spesies	Kriteria: Rendah = $H' < 1$ Sedang = $1 \leq H' \leq 3$ Tinggi = $H' > 3$ Sumber: C. E. Shannon, (1948)
2.	Indeks Dominasi (Simpson C)	$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$ Keterangan: C = Indeks dominasi Simpson ni = Jumlah individu spesies ke-i N = Total seluruh individu dari semua spesies	Kriteria: Rendah = $0 < C \leq 0,30$ Sedang = $0,30 < C \leq 0,60$ Tinggi = $0,60 < C \leq 1,00$ Sumber: Simpson, (1949).

3.	Indeks Kekayaan Jenis (R 1)	$R_1 = \frac{S - 1}{\ln N}$ Keterangan : R = Indeks Kekayaan Jenis (Margalef's index) S = Jumlah spesies yang ditemukan N = Jumlah total individu dari semua spesies ln = Logaritma natural	Kriteria: Rendah = < 2,5 Sedang = 2,5 – 4 Tinggi = > 4 Sumber: Margalef, (1973)
4.	Indeks Bray-Curtis Similarity (BCs)	Analisi ini dilakukan dengan menggunakan Software <i>PAST</i> 4.1.7 dilakukan untuk mengetahui kesamaan tingkat pengelompokan spesies antar stasiun. Indeks Bray-Curtis hanya membandingkan dua stasiun (pairwise) dalam satu perhitungan (Ricotta, 2022). Artinya, untuk 6 stasiun perhitungannya dapat dilakukan antar pasangan stasiun, bukan langsung keenamnya sekaligus.	

2. Analisis Pola Distribusi Spasial
Pola distribusi diukur dengan menggunakan indeks Morisita untuk menentukan bagaimana individu ikan tersebar pada lokasi penelitian, apakah penyebarannya bersifat mengelompok (clumped), acak (random), atau seragam (uniform) (Morisita, 1959).

$$I_s = n \frac{\sum X^2 - N}{N(N - 1)}$$

Keterangan:

Id = Indeks Morisita

n = Jumlah Spesies

Σx² = kuadrat individu pada setiap stasiun.

N = Jumlah total seluruh individu dari semua unit sampling (Σxi)

Menurut Brower *et al* (1998), kriteria Pola Distribusi Morisita sebagai berikut:

Id < 1,0: Pola persebaran seragam (individu tersebar merata)

Id = 1,0: Pola persebaran acak (tidak ada pola tertentu)

Id > 1,0: Pola persebaran mengelompok (individu berkumpul di area tertentu)

Setelah menentukan nilai Id, maka dilanjutkan perhitungan MU dan MC

MU = Indeks Morisita untuk pola sebaran seragam

χ²0,975 = Nilai Chi-square tabel dengan derajat bebas n-1 dan selang kepercayaan 97,5%

MC = Indeks Morisita untuk pola sebaran mengelompok

χ²0,025 = Nilai Chi-square tabel dengan derajat bebas n-1 dan selang kepercayaan 2,5%.

Σxi = Total jumlah individu suatu organisme dalam Stasiun
N = Jumlah Individu

$$M_u = \frac{\chi_{0.975}^2 - n + N}{\sum_{i=1}^n x_i - 1}$$

$$M_c = \frac{\chi_{0.025}^2 - n + N}{\sum_{i=1}^n x_i - 1}$$

Jika sudah menentukan rumus perhitungan MU atau MC, dilanjutkan dengan rumus perhitungan Ip (indeks pola) sebagai berikut:

- Jika nilai Id > 1, dan Id > atau = Mc, maka memakai rumus 1
- Jika nilai Id > 1, dan Id < Mc, maka memakai rumus 2
- Jika nilai Id < 1, dan Id > Mu, maka memakai rumus 3
- Jika nilai Id < 1, dan Id < Mu, maka memakai rumus 4

$$\text{Rumus 1 } I_p = I_p = 0.5 + 0.5 \left(\frac{I_s - M_c}{n - M_c} \right)$$

$$\text{Rumus 2 } I_p = I_p = 0.5 \left(\frac{I_s - M_c}{M_u - M_c} \right)$$

$$\text{Rumus 3 } I_p = I_p = -0.5 \left(\frac{M_u - I_s}{M_u} \right)$$

$$\text{Rumus 4 } I_p = I_p = -0.5 + 0.5 \left(\frac{I_s - M_u}{M_u} \right)$$

- Jika nilai Ip > 0, maka distribusi mengelompok
- Jika nilai Ip = 0, maka distribusi acak
- Jika nilai Ip < 0, maka distribusi seragam

3. CCA (Canonical Correspondence Analysis)

Analisis hubungan antara parameter lingkungan dan distribusi iktiofauna dilakukan

menggunakan metode CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) dengan menggunakan *software* PAST 4.1.7, pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi serta mengukur pengaruh variabel lingkungan terhadap komposisi dan pola sebaran spesies iktiofauna secara bersamaan.

Tabel 3. Interpretasi *Canonical Correspondence Analysis*

CCA1 + CCA2 (% constrained inertia)	Interpretasi
< 40%	Rendah
40–60%	Cukup
60–70%	Baik
70–80%	Sangat baik

CCA1 + CCA2 (%
constrained
inertia)

Interpretasi

> 80%

Sangat kuat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Parameter Abiotik

Berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan pada 6 stasiun penelitian, diperoleh variasi kondisi perairan estuari Segoro Anak TNAP ketika surut yang berbeda pada setiap stasiun yang dapat dilihat pada dibawah ini. Selain ketinggian muka air, parameter kualitas perairan yang diukur meliputi suhu (°C), pH, salinitas (ppt), dan dissolved oxygen (DO) (mg/L), sebagaimana disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Ketinggian Pasang dan Surut Segoro Anak TNAP.

Sore	Ketinggian Air Laut					
	St I	St II	St III	St IV	St V	St VI
Pasang	2,4m	2,40m	2,4m	2,30m	2,30m	2,30m
Surut	0,06m	0,04m	0,16m	0,09m	0,08m	0,10m

Keterangan: Pengukuran ketika air *estuary* surut sore hari, m (meter)

Tabel 4. Pengukuran Data Abiotik.

Parameter	Stasiun						Rata-rata ± SD
	I	II	III	IV	V	VI	
Suhu (°C)	27,6	28	28,8	28,5	29,3	30,5	28,78 ± 1,03
pH	7,31	7,54	7,34	7,23	7,39	7,01	7,30 ± 0,18
Salinitas (ppt)	29	30	30	30	33	35	31,17 ± 2,32
DO (mg/L)	7,3	6,1	6,7	6,4	5,9	4,5	6,15 ± 0,95

Keterangan: I (Stasiun 1 Sarenah), II (Stasiun 2 Babakan), III (Stasiun 3 Moseng), IV (Stasiun 4 Moseng), V (Stasiun 5 Randuan), VI (Stasiun 6 Patuk), SD (Standart Deviasi).

B. Identifikasi Iktiofauna

Secara keseluruhan iktiofauna yang diperoleh dikelompokkan berdasarkan *guild fungsional* meliputi *marine stragglers*, *marine migrants*, *estuary associated*, *freshwater migrants*. Total iktiofauna yang diperoleh mencapai 35 spesies yang terdiri dari 16 ordo meliputi: Acanthuriformes, Perciformes, Gobiiformes,

Scorpaeniformes, Tetraodontiformes, Siluriformes, Clupeiformes, Carangiformes, Centrarchiformes, Syngnathiformes, Moroniformes, Mugiliformes, Beloniformes, Myliobatiformes, Istiophoriformes, dan Elopiformes. 35 spesies iktiofauna yang diperoleh pada kawasan estuari Segoro Anak TNAP dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 5. Iktiofauna di Kawasan *Estuary* Segoro Anak TNAP

Kategori	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Stasiun						Ordo	Status (IUCN)
			I	II	III	IV	V	VI		
Marine Sragglers	Ikan Kakap Gerot	<i>Pomadasys kaakan</i>	6	3	7	3		8	Acanthuriformes	LC
	Ikan Kakap Ekor Hitam	<i>Lutjanus fulvus</i>	9	5	8	13	3		Acanthuriformes	LC
	Ikan Toppel	<i>Lutjanus russellii</i>			2	18	1	6	Acanthuriformes	LC
	Ikan Baracuda	<i>Sphyraena barracuda</i>				1			Istiophoriformes	LC
	Ikan Tawon	<i>Ablabys taenianotus</i>	3				1	1	Scorpaeniformes	LC
	Ikan Buntal	<i>Torquigener pallimaculatus</i>	5		10			15	Tetraodontiformes	LC
	Ikan Tripod	<i>Triacanthus biaculeatus</i>		4	1				Tetraodontiformes	LC
	Ikan Brunjung	<i>Sillago schomburgkii</i>	2	16	19	4	11	9	Acanthuriformes	NE
Marine Migrants	Ikan Petak	<i>Caranx latus</i>	9	19	3	5			Carangiformes	LC
	Ikan Petek	<i>Eubleekeria splendens</i>	21	12	5	19	4	16	Acanthuriformes	LC
	Ikan Glomo	<i>Johnius belangerii</i>	4	1					Periciformes	DD
	Ikan Mangut	<i>Gerres subfasciatus</i>	10	20	6		9	2	Periciformes	LC
	Ikan Sliper	<i>Schatopagus argus</i>	7	3			1		Acanthuriformes	LC
	Ikan Bekuku batu	<i>Plectorhinchus gibbosus</i>	2	1		2			Acanthuriformes	LC
	Ikan Terongan	<i>Terapon theraps</i>	3		6		5		Centrarchiformes	LC

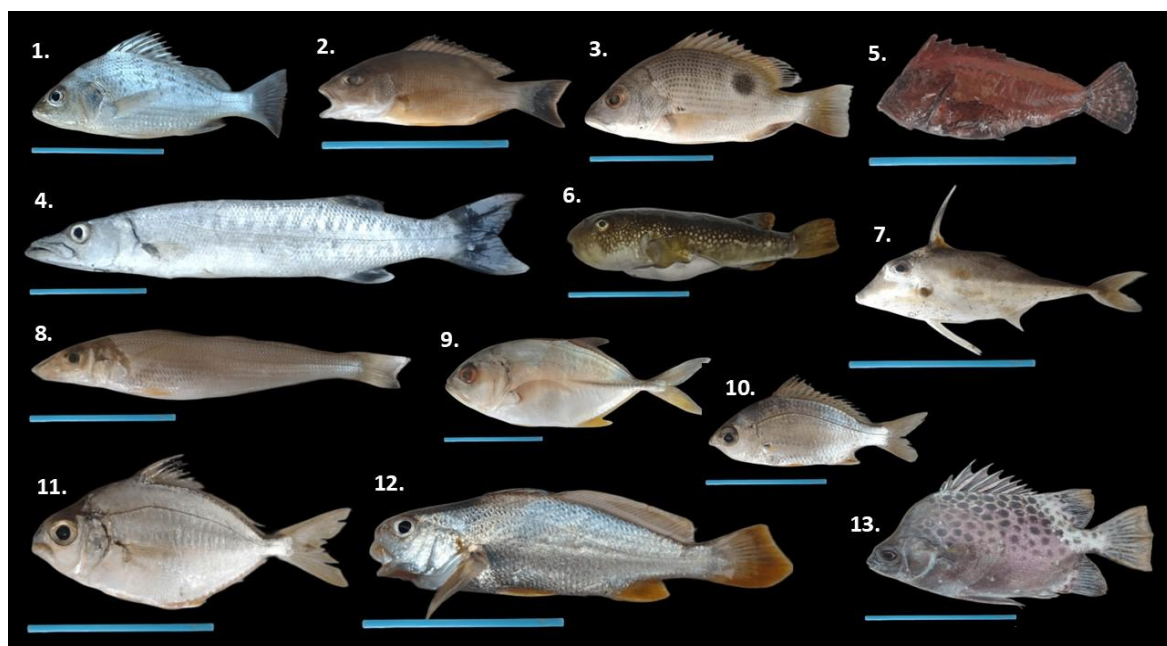
Estuary Associated	Ikan Otek	<i>Plicofollis Dussumieri</i>	14	13	6	6			Siluriformes	LC	
	Ikan Sembilang	<i>Plotosus lineatus</i>		2		2			Siluriformes	LC	
	Ikan Wiji Nangka	<i>Upeneus Moluccensis</i>	3		4				Syngnathiformes	LC	
	Ikan Ketang	<i>Drepane punctata</i>		1	1				Moroniformes	LC	
	Ikan Kerapu	<i>Ephinepalus coioides</i>		5		6	3		Periciformes	LC	
	Ikan Mangrove Jack	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>		2		1	3		Acanthuriformes	LC	
	Ikan Bekuku	<i>Acanthopagrus pacificus</i>	2		5	2	1		Periciformes	LC	
	Ikan Bonggol	<i>Yarica Hyalosoma</i>	12	2		3				Periciformes	LC
	Ikan Sliding	<i>Ambassis Gymnocephalus</i>	3	4	2	3			Periciformes	LC	
	Ikan Glodok	<i>Boleophthalmus boddarti</i>		16		8	15			Gobiiformes	DD
	Ikan Bedul	<i>Neogobius fluviatilis</i>		1		3	5			Gobiiformes	LC
	Ikan Bloso	<i>Ophiocara porochepala</i>		3		1	9			Gobiiformes	NT
	Ikan Tamban	<i>Nematalosa Come</i>	20	1	17	19			Clupeiformes	LC	
	Ikan Bilis	<i>Thryssa setirostris</i>	6		5				Clupeiformes	LC	
	Ikan Blanak	<i>Mugil Cephalus</i>	22	33	19	27	17	25	Mugiliformes	LC	
	Ikan Kacangan	<i>Zenarchopterus dispar</i>	3	16	4	2	1	1	Beloniformes	LC	
	Ikan Pari Tutul	<i>Himantura oxyrhyncha</i>	6			1				Myliobatiformes	NE

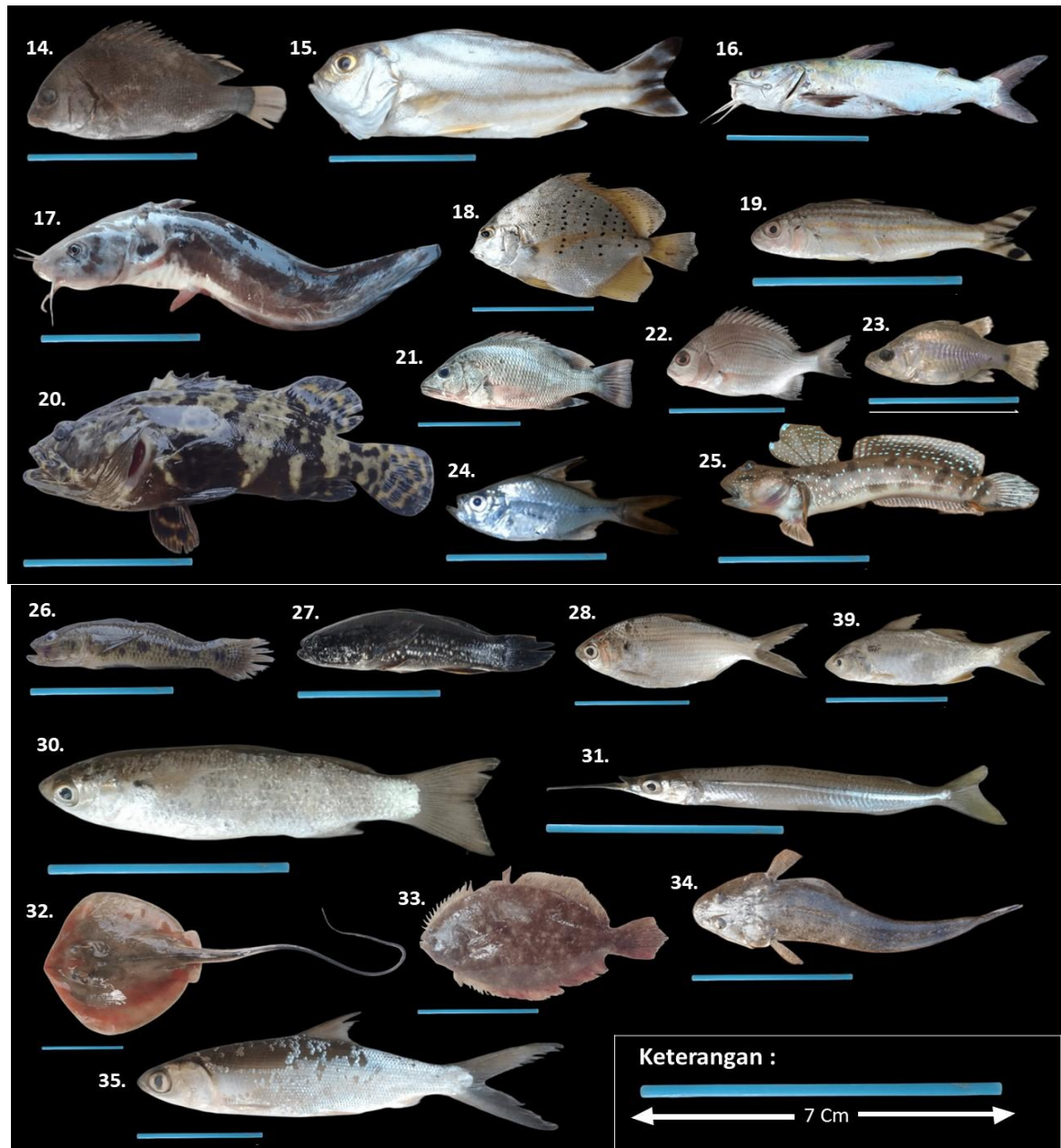
	Ikan Lidah	<i>Cynoglossus lida</i>	1				1	Acanthuriformes	LC
	Ikan Tanding Pacul	<i>Platycephalus indicus</i>	6		4	5	2	Scorpaeniformes	LC
Freeswater Migrants	Ikan Bandeng	<i>Chanos chanos</i>	1					Gonorynchiformes	LC
Total seluruh individu / Stasiun			180	183	134	124	96	109	826

Keterangan: I (Stasiun 1 Sarenah), II (Stasiun 2 Babakan), III (Stasiun 3 Moseng), IV (Stasiun 4 Moseng), V (Stasiun 5 Randuan), IV (Stasiun 6 Patuk).

Gonzalez, (2024) menjelaskan bahwa, keberadaan 4 *guild fungsional* merupakan respons kelompok ikan terhadap karakteristik *estuary* yang merupakan ekosistem pertemuan antara perairan tawar dari sungai, dan asin dari laut. Pola tersebut mencerminkan pengaruh kombinasi antara dinamika pasang surut pada ekosistem *estuary* yang berlangsung secara periodik. Dalam penelitian Coogan *et al.*, (2019), dijelaskan bahwa, dinamika pasang surut mampu membawa berbagai komponen abiotik dan biotik dari laut ke dalam kawasan *estuary*. Selain pengaruh pasang surut, kondisi perairan *estuary* juga dapat dipengaruhi oleh fenomena *upwelling* (Coogan *et al.*, 2019). *Upwelling* merupakan proses naiknya massa air laut dalam yang kaya nutrisi ke permukaan akibat angin ataupun proses oseanografi lainnya (Rochmady, 2015). Jacox *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa *upwelling* mampu meningkatkan produktivitas primer melalui pertumbuhan fitoplankton yang selanjutnya mendukung kelimpahan zooplankton dan organisme benthik sebagai

sumber pakan ikan. Perpindahan nutrisi dari fenomena *upwelling* tidak luput dari dinamika pasang air laut yang berperan sebagai akomodasi masuknya nutrisi (Caddy & Bakun, 1994). Kebenaran dari fenomena tersebut didukung oleh data pasang surut pada Tabel (3.) yang berpengaruh terhadap perolehan tangkapan spesies dan individu pada (Tabel 5.). Tabel (3.) menunjukkan bahwa Stasiun I, II, dan III yang memiliki kondisi pasang dengan ketinggian ($\pm 2,4$ m) memiliki perolehan tangkapan individu dengan jumlah spesies lebih banyak pada Tabel (5.), dibandingkan Stasiun IV, V, dan VI dengan ketinggian pasang ($\pm 2,3$ m). meskipun demikian, perolehan komposisi iktiofauna tidak hanya dipengaruhi oleh air pasang yang membawa suplai nutrisi, tetapi juga kemampuan toleransi fisiologis dari setiap spesies sehingga mampu beradaptasi. Adapun iktiofauna yang diperoleh dari 6 lokasi penelitian dengan karakteristik wilayah *estuary* Segoro Anak TNAP yang berbeda, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:





Gambar 3 Foto Iktiofauna di Kawasan Estuary Segoro Anak TNAP: 1) *Pomadasys kaakan*, 2) *Lutjanus fulvus*, 3) *Lutjanus russellii*, 4) *Sphyrna barracuda*, 5) *Ablabys taenianotus*, 6) *Torquigener pallimaculatus*, 7) *Triacanthus biaculeatus*, 8) *Sillago schomburgkii*, 9) *Caranx latu*, 10) *Eubleekeria splendens*, 11) *Johnius belangerii*, 12) *Gerres subfasciatus*, 13) *Scatophagus argus*, 14) *Plectorhinchus gibbosus*, 15) *Terapon theraps*, 16) *Plicofollis dussumieri*, 17) *Plotosus lineatus*, 18) *Upeneus moluccensis*, 19) *Drepane punctata*, 20) *Epinephelus coioides*, 21) *Lutjanus argentimaculatus*, 22) *Acanthopagrus pacificus*, 23) *Yarica hyalosoma*, 24) *Ambassis gymnocephalus*, 25) *Boleophthalmus boddarti*, 26) *Neogobius fluviatilis*, 27) *Ophiocara porocephala*, 28) *Nematalosa come*, 29) *Thryssa setirostris*, 30) *Mugil cephalus*, 31) *Zenarchopterus dispar*, 32) *Himantura oxyrhyncha*, 33) *Cynoglossus lida*, 34) *Platycephalus indicus*, dan 35) *Chanos chanos*.

C. Nilai Indeks Keanekaragaman, Dominasi, Kekayaan Jenis

Tabel 6. Hasil Analisis Indeks Keanekaragaman, Dominasi, dan Kekayaan Jenis.

Nilai Indeks Keanekaragaman						
Stasiun	St I	St II	St III	St IV	St V	St VI
Nilai H'	2,81	2,62	2,72	2,45	2,52	2,15

Interpretasi	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Nilai Indeks Dominasi						
Stasiun	St I	St II	St III	St IV	St V	St VI
Nilai C	0,07	0,09	0,08	0,12	0,10	0,14
Interpretasi	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Nilai Indeks Kekayaan Jenis						
Stasiun	St I	St II	St III	St IV	St V	St VI
Nilai R1	4,62	4,22	3,88	3,73	3,72	2,34
Interpretasi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah

Keterangan: H' (Indeks keanekaragaman Shannon-wiener), C (Indeks dominasi Simpson), R1 (Indeks kekayaan jenis Margalef)

Berdasarkan Tabel (6.), nilai indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') pada seluruh stasiun pengamatan memiliki nilai 2,15-2,81 yang terasuk dalam kategori sedang. Sesuai dengan Tabel (2.), apabila nilai keanekaragaman ($H'1 \leq 3$) maka keanekaragaman masuk dalam kategori sedang. Strong, (2016), Menjelaskan bahwa tinggi rendahnya indeks H' dipengaruhi oleh jumlah spesies dan individu yang ditemukan dalam suatu habitat. Hidayat, (2017) juga menjelaskan, kategori sedang pada indeks keanekaragaman menunjukkan bahwa suatu ekosistem memiliki tingkat keanekaragaman cukup baik, namun belum mencapai kondisi yang sangat beragam. Hal tersebut ditujukan pada data (Tabel 6.).

Keanekaragaman kategori sedang, masih menandakan ada persaingan antar spesies, namun persaingan secara seimbang. Persaingan secara seimbang dalam artian bahwa spesies yang tidak mendominasi dalam lokasi tertentu, dapat ditemukan di lokasi yang lain (Jenkins *et al.*, 2018). Perbedaan tersebut terlihat pada data Tabel (5.), dimana, ada jenis iktiofauna yang ditemukan di stasiun I (Sarenah) tetapi tidak ditemukan pada stasiun VI (Patuk) begitupun sebaliknya.

Sebagai contoh spesies ikan Brunjung (*Sillago schomburgkii*). Jika dilihat Pada tabel (5.), *S. schomburgkii* merupakan kelompok *marine migrants* dari ordo Acanthuriformes, dimana spesies ini hampir dijumpai pada 6 stasiun pengamatan. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, apabila spesies tersebar merata pada seluruh lokasi pengamatan, maka spesies tersebut memiliki sifat. hal tersebut diperkuat oleh Smith *et al.*, (2019), *S. schomburgkii* memiliki mekanisme osmoregulasi sehingga memungkinkan beradaptasi pada kisaran

salinitas luas. Jumlah tangkapan *S. schomburgkii* tertinggi terletak pada stasiun II, yaitu sebanyak 19 individu. hal tersebut berkaitan dengan karakteristik wilayah pada Tabel (1.), dimana stasiun II berada pada area yang berdekatan dengan ekosistem mangrove. Menurut Giaroli *et al.*, (2023), *S. schomburgkii* sering ditemukan bergerombol pada ekosistem mangrove yang dijadikan sebagai area perlindungan. Sebaliknya, pada Stasiun I spesies ini hanya ditemukan sebanyak 2 individu karena secara topografi stasiun I berjauhan dengan mangrove. Eloranta *et al.*, (2016) menambahkan perbedaan kelimpahan antar lokasi pengamatan berkaitan dengan adanya pengaruh dari dominasi spesies lain. Fenomena tersebut tercermin pada stasiun I, dimana perolehan hasil tangkapan didominasi oleh ikan Blanak (*Mugil cephalus*) dan ikan Petek (*Eubleekeria splendens*), yang kemungkinan meningkatkan kompetisi terhadap ruang dan sumber daya dari spesies *S. schomburgkii*, sehingga yang ditemukan sedikit.

Data nilai Dominasi spesies (C) pada seluruh lokasi penelitian memiliki memiliki kisaran 0,07-0,14 yang tergolong kategori rendah, karena $C 0 \leq 0,30$. Menurut Pigot *et al.*, (2018) rendahnya nilai dominasi, karena ketersediaan pakan, ruang, dan perlindungan, pada suatu ekosistem dapat dimanfaatkan oleh berbagai spesies secara merata sehingga mampu mengurangi tumpang tindih relung ekologis (*ecological niche overlap*). Putri *et al.*, (2023) menjelaskan, toleransi spesies menyebabkan pemerataan antarspesies menurun sehingga nilai keanekaragaman (C) cenderung lebih rendah. Sesuai dengan pernyataan Tuapetel *et al.*, (2018) yang

menyatakan bahwa semakin tinggi nilai indeks keanekaragaman (H'), maka semakin kecil kemungkinan suatu spesies mendominasi suatu habitat. Namun demikian, Zhou *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa dominasi spesies pada habitat yang memiliki heterogenitas tinggi, seperti *estuary*, juga dapat dipengaruhi oleh dinamika musim.

Pengambilan data di kawasan *estuary* Segoro Anak dilakukan pada bulan Mei-juni 2026, dimana periode kemarau berlangsung dari April hingga Oktober. Dalam penelitian di muara Buenaventura, Kolombia oleh Molina *et al.*, (2020), dijelaskan bahwa dinamika musim berpengaruh terhadap kelimpahan iktiofauna yang memeperlihatkan saat musim kemarau perolehan tangkapan lebih banyak, daripada musim penghujan. Menurut Vijith *et al.*, (2016) dinamika musim berpengaruh terhadap stabilitas parameter lingkungan, seperti salinitas, kekeruhan, dan kecepatan arus yang cenderung lebih konstan selama musim kemarau. Shaha & Cho, (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa kondisi kemarau dapat menurunkan debit air tawar yang masuk ke kawasan *estuary*, sehingga fluktuasi salinitas menjadi lebih kecil dan lingkungan perairan menjadi lebih stabil. Stabilitas yang baik menciptakan kondisi yang lebih sesuai bagi berbagai spesies iktiofauna, terutama kelompok ikan laut yang umumnya memerlukan kisaran salinitas yang relatif tinggi (Sundoko *et al.*, 2025).

Hasil analisis indeks kekayaan jenis ($R1$) menunjukkan variasi dengan kategori tinggi, sedang, dan rendah sebagaimana ditunjukkan pada (Tabel 6.). Variasi nilai $R1$ mengindikasikan bahwa kemampuan masing-masing habitat dalam mendukung keberadaan berbagai spesies iktiofauna tidak sama (Dinianti, 2025). Hal tersebut sesuai dengan kondisi lapangan yang menggambarkan secara topografi Lokasi penelitian pada stasiun I lebih berdekatan dengan area hulu, kemudian stasiun selanjutnya sampai VI terus mengarah pada zona hilir atau berdekatan dengan area laut. Xu *et al.*, (2016) menjelaskan Perbedaan karakteristik wilayah mampu menyebabkan adanya variasi kondisi ekologi yang pada akhirnya memengaruhi kekayaan jenis.

Stasiun I dan II memiliki nilai indeks kekayaan jenis ($R1$) dalam kategori tinggi, karena $R1 > 4$. Menurut Kral *et al.*, (2021),

semakin tinggi kekayaan jenis, maka semakin mampu suatu habitat untuk mendukung keberadaan berbagai spesies. Berdasarkan Tabel (1.), stasiun I dan II berada pada kawasan hulu dengan bebrbagai tipe karakteristik wilayah. Menurut teori heterogenitas MacArthur, (1961), semakin beragam karakteristik suatu wilayah, semakin banyak relung ekologi yang tersedia bagi berbagai spesies untuk hidup secara berdampingan. Selain itu, hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa stasiun I dan II memiliki tekanan antropogenik yang relatif lebih rendah dibandingkan stasiun lainnya. Grizzetti *et al.*, (2017) dalam penelitiannya menjelaskan, tekanan antropogenik yang rendah, memungkinkan habitat tetap berada dalam kondisi alami yang mendukung kompleksitas kualitas lingkungan. Kondisi tersebut sesuai dengan data pada Tabel (4.1) yang menunjukkan bahwa jumlah spesies yang ditemukan pada Stasiun I dan II lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya.

Penurunan nilai $R1$ semakin terlihat pada Stasiun VI, dengan nilai $R1$ dalam kategori rendah, karena $R1 < 2,5$. Menurut Brown *et al.*, (2016), nilai $R1$ yang rendah menunjukkan bahwa hanya sedikit spesies yang mampu hidup pada suatu habitat. Penelitian Terrado *et al.*, (2016) menjelaskan, rendahnya nilai $R1$ berkaitan dengan penurunan kualitas habitat ataupun meningkatnya tekanan antropogenik. Pengamatan langsung di lapangan memberikan dugaan bahwa rendahnya nilai $R1$ pada stasiun VI berkaitan dengan karakteristik kawasan yang dimanfaatkan sebagai lokasi budidaya keramba, serta aktivitas perikanan tangkap yang cenderung masif. Yusuf *et al.*, (2024) menjelaskan bahwa aktivitas budidaya di perairan dapat mengubah karakteristik habitat di sekitarnya. Nasukha *et al.*, (2019) menambahkan bahwa sisa pakan dan feses ikan yang terakumulasi dari kegiatan budidaya meningkatkan kandungan bahan organik di perairan sehingga berpotensi mengubah kualitas lingkungan. Selain itu, keberadaan struktur keramba dapat memengaruhi pola arus, ruang gerak, dan jalur migrasi beberapa spesies ikan sehingga mengurangi

pemanfaatan habitat oleh sebagian (Michelsen *et al.*, 2019). Di sisi lain, aktivitas penangkapan ikan yang berlangsung secara masif, dapat menurunkan kelimpahan populasi dan

berakibat menurunkan perjumpaan dari berbagai spesies (Anticamara, 2016).

D. Nilai Hasil Indeks Bray Curtis Similarity (BCs)

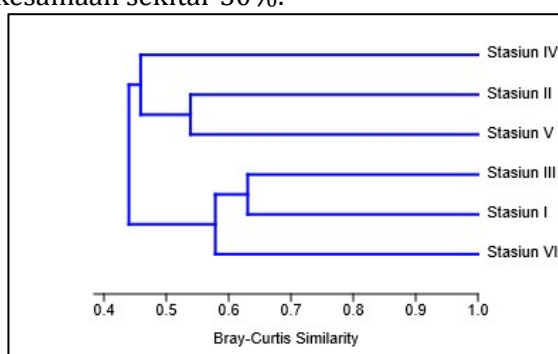
Tabel 7. Hasil analisis Indeks Bray Curtis Similarity (BCs)

Pasangan	Stasiun I	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5	Stasiun 6
Stasiun I	1	0,49	0,63	0,49	0,38	0,54
Stasiun 2	0,49	1	0,45	0,51	0,53	0,40
Stasiun 3	0,63	0,45	1	0,38	0,49	0,61
Stasiun 4	0,49	0,51	0,38	1	0,40	0,49
Stasiun 5	0,38	0,53	0,49	0,40	1	0,34
Stasiun 6	0,54	0,40	0,61	0,49	0,34	1

Keterangan: Niali hasil dapat diartikan sebagai presentase (%) kemiripan antar stasiun.

Analisis kemiripan komunitas iktiofauna menggunakan indeks Bray-Curtis menunjukkan nilai kesamaan antarstasiun berkisar antara 0,34–0,63. Nilai kemiripan tertinggi diperoleh pada pasangan Stasiun I dan III sebesar 0,63 (63%), yang mengindikasikan komposisi dan kelimpahan spesies ikan paling serupa. Sebaliknya, nilai kemiripan terendah ditemukan pada pasangan Stasiun V dan VI sebesar 0,34 (34%), yang menunjukkan perbedaan struktur komunitas ikan paling besar di antara seluruh pasangan stasiun.

Hasil analisis kluster yang divisualisasikan dalam dendrogram Bray-Curtis menunjukkan bahwa keenam stasiun pengamatan terbagi menjadi dua kelompok utama pada tingkat kesamaan sekitar 50%.



Gambar 4. Dendrogram Bray-Curtis Similarity.

Berdasarkan analisis kemiripan, terbentuk dua kelompok stasiun. Kelompok pertama terdiri atas Stasiun II, IV, dan V, dengan tingkat kesamaan terendah sekitar 50% (Stasiun IV terhadap Stasiun II–V). Kelompok kedua terdiri atas Stasiun I, III, dan VI, dengan tingkat

kesamaan tertinggi sebesar 63,1% (Stasiun I dan III). Tingginya tingkat kesamaan pada masing-masing kelompok menunjukkan bahwa komposisi spesies di dalam kelompok tersebut relatif homogen dibandingkan antar kelompok.

Stasiun dengan tingkat kemiripan tertinggi berada pada pasangan Stasiun I dan Stasiun III 0,63 (63%). Meskipun tertinggi nilai ini masuk dalam kategori sedang. Menurut Magfirah, (2014) tingginya nilai kesamaan antar stasiun berkaitan dengan kemiripan karakteristik suatu wilayah. Berdasarkan Tabel (1.), kedua lokasi merupakan area terbuka dengan kedalaman perairan relatif tinggi. Dalam Sartimbul *et al.*, (2017), kedalaman perairan yang lebih besar menciptakan ruang habitat yang luas bagi kelompok ikan pelagis maupun demersal. Goldstein *et al.*, (2016) menambahkan, Keberadaan area perairan yang cenderung dalam, memungkinkan terbentuknya kondisi fisik yang relatif stabil sehingga mampu mendukung keberadaan spesies dengan kebutuhan habitat serupa. Kondisi tersebut tercermin dari dominasi beberapa spesies pada kedua stasiun, seperti *Mugil cephalus*, *Nematalosa come*, *Sillago schomburgkii*, *Pomadasys kaakan*, dan *Lutjanus fulvus*. Selain kesamaan karakteristik habitat, kedua stasiun juga memiliki kondisi kualitas perairan yang relatif serupa, dengan salinitas yang berada pada kisaran 29–30 ppt serta kadar oksigen terlarut yang masih tergolong tinggi, yaitu 7,3 mg/L pada Stasiun I dan 6,7 mg/L pada Stasiun III. Menurut Alamsyah,

(2024), salinitas dan oksigen terlarut merupakan faktor lingkungan utama yang mampu mempengaruhi distribusi dan keberhasilan adaptasi ikan pada ekosistem *estuary*. Keberadaan kondisi lingkungan yang relatif homogen memungkinkan spesies dengan kebutuhan ekologis sama untuk berkembang pada kedua lokasi (Latuconsina, 2019). Kondisi tersebut mencerminkan prinsip spesiasi simpatrik, yaitu diferensiasi organisme yang terjadi melalui pemanfaatan relung ekologis yang berbeda pada habitat yang sama (Foote, 2018).

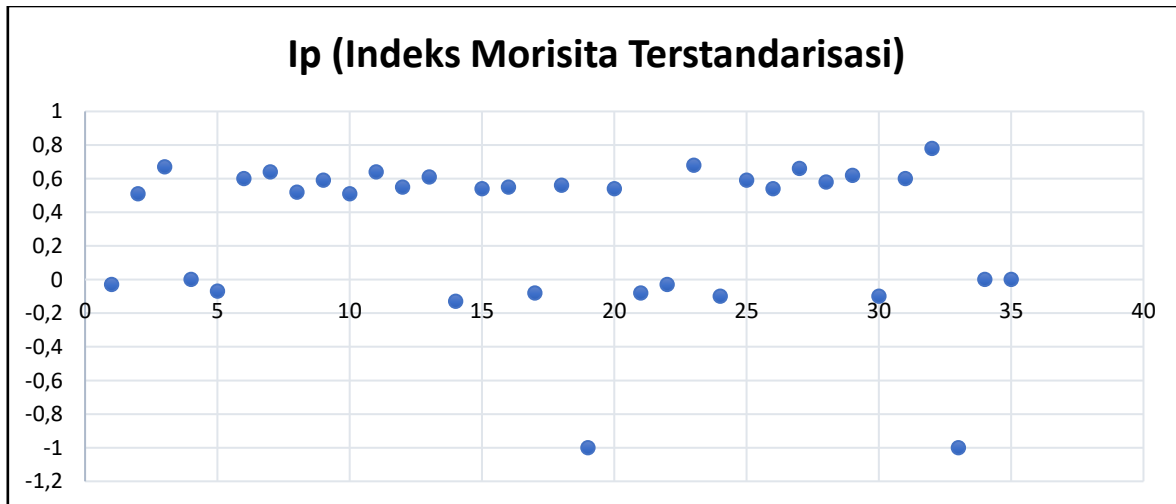
Kelompok lainnya adalah Stasiun II dan Stasiun V yang tergolong kategori kesamaan sedang, dengan presentase 53% (0,53) karena nilai $>0,50 - 0,75$ (50-75%). Pada Tabel (1.), kedua stasiun berkaitan dengan tipe habitat yang berasosiasi erat dengan ekosistem mangrove. Stasiun II merupakan area backwater yang berdekatan dengan vegetasi mangrove dan memiliki substrat lumpur, sedangkan Stasiun V merupakan tidal creek yang diapit oleh hutan mangrove. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, ekosistem mangrove berfungsi sebagai nursery ground, feeding ground, dan shelter ground bagi berbagai kelompok iktiofauna. Oleh karena itu, kedua stasiun cenderung dihuni oleh kelompok ikan yang memiliki preferensi habitat serupa, meliputi: *Boleophthalmus boddarti*, *Zenarchopterus dispar*, *Neogobius fluviatilis*, *Ophiocara porocephala*, dan *Mugil cephalus*. S. Hidayat, (2018) menjelaskan, *B. boddarti*, memanfaatkan kawasan mangrove sebagai tempat mencari makan, makanan utamanya berupa diatom, alga benthik, dan detritus. *Z. dispar* dan *N. fluviatilis* memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) (Sruthy *et al.*, 2025). *O. porocephala*, dan *M. cephalus* merupakan spesies dengan tingkat toleransi tinggi (Krispyan *et al.*, 2021). Nagelkerken *et al.* (2017) menjelaskan bahwa habitat mangrove memiliki peranan penting dalam membentuk struktur komunitas ikan *estuary* karena menyediakan perlindungan dari predator dan

umber makanan yang melimpah bagi berbagai stadia kehidupan ikan.

Sebaliknya, nilai kemiripan terendah ditemukan antara Stasiun V dan Stasiun VI dengan nilai 34% (0,34). Berdasarkan tabel kategori Bray-Curtis, kategori kesamaan rendah apabila nilai $>0,25 - 0,50$ (25-50%). Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan kontras karakteristik habitat pada kedua lokasi. Stasiun V merupakan tidal creek dangkal yang diapit oleh vegetasi mangrove dan memiliki substrat berlumpur, sedangkan Stasiun VI merupakan zona hilir yang lebih terbuka, memiliki salinitas tertinggi (35 ppt), suhu tertinggi (30,5°C), kadar oksigen terlarut terendah (4,5 mg/L), serta area yang berdekatan dengan keramba. Perbedaan kondisi fisik dan kimia perairan, mampu menyebabkan masing-masing lokasi dihuni oleh kelompok spesies yang berbeda (Dhea *et al.*, 2014). Stasiun V didominasi oleh spesies yang berasosiasi dengan mangrove dan substrat lumpur, seperti *Boleophthalmus boddarti*, *Ophiocara porocephala*, dan *Neogobius fluviatilis*, sedangkan Stasiun VI lebih banyak dihuni oleh spesies laut dan *estuary* yang toleran terhadap salinitas tinggi, seperti *Pomadasys kaakan*, *Eubleekeria splendens*, *Nematalosa come*, dan *Sillago schomburgkii*. Rendahnya kemiripan antara Stasiun V dan VI menunjukkan bahwa perbedaan kondisi lingkungan bertindak sebagai penghalang ekologis yang membatasi distribusi spesies tertentu. Meskipun tidak terjadi isolasi geografis secara langsung seperti pada spesiasi allopatrik, gradien lingkungan berupa salinitas, kedalaman, tipe substrat, dan keberadaan mangrove menyebabkan terjadinya segregasi komposisi

E. Nilai Hasil Indeks Morisita

Nilai Indeks Morisita Terstandarisasi mengklasifikasikan pola sebaran menjadi tiga kategori, yaitu mengelompok ($I_p > 0$), acak ($I_p = 0$), dan seragam ($I_p < 0$). Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 5. Scatter Nilai Pola Distribusi Morisita Terstandarisasi (Ip): 1) *Pomadasys kaakan*, 2) *Lutjanus fulvus*, 3) *Lutjanus russellii*, 4) *Sphyrna barracuda*, 5) *Ablabys taenianotus*, 6) *Torquigener pallimaculatus*, 7) *Triacanthus biaculeatus*, 8) *Sillago schomburgkii*, 9) *Caranx latius*, 10) *Eubleekeria splendens*, 11) *Johnius belangerii*, 12) *Gerres subfasciatus*, 13) *Scatophagus argus*, 14) *Plectorhinchus gibbosus*, 15) *Terapon theraps*, 16) *Plicofollis dussumieri*, 17) *Plotosus lineatus*, 18) *Upeneus moluccensis*, 19) *Drepane punctata*, 20) *Epinephelus coioides*, 21) *Lutjanus argentimaculatus*, 22) *Acanthopagrus pacificus*, 23) *Yarina hyalosoma*, 24) *Ambassis gymnocephalus*, 25) *Boleophthalmus boddarti*, 26) *Neogobius fluviatilis*, 27) *Ophiocara porocephala*, 28) *Nematalosa come*, 29) *Thryssa setirostris*, 30) *Mugil cephalus*, 31) *Zenarchopterus dispar*, 32) *Himantura oxyrhyncha*, 33) *Cynoglossus lida*, 34) *Platycephalus indicus*, dan 35) *Chanos chanos*.

Berdasarkan nilai Indeks Morisita Terstandarisasi (Ip), pola sebaran iktiofauna di Segoro Anak didominasi oleh pola distribusi mengelompok ($Ip > 0$). Dari total 35 spesies yang teridentifikasi, sebanyak 21 spesies (60,00%) menunjukkan pola sebaran mengelompok, 1 spesies (2,86%) memiliki pola sebaran acak ($Ip = 0$), 11 spesies (31,43%) menunjukkan pola sebaran seragam ($Ip < 0$), sedangkan 2 spesies (5,71%), yaitu *Sphyrna barracuda* dan *Chanos chanos*, tidak dapat dianalisis karena jumlah individu yang ditemukan tidak memenuhi persyaratan perhitungan Indeks Morisita.

Gambar (5.), menunjukan bahwa, Secara keseluruhan distribusi spasial iktiofauna dari 35 spesies memperlihatkan 24 spesies mengelompok (*clustered*) karena $Ip > 0$, 9 spesies seragam (*uniform*) karena $Ip < 0$, 1 spesies acak (*random*) karena $Ip = 0$, dan tidak teridentifikasi 2 spesies. Pola distribusi mengelompok dapat diartikan keberadaan individu terkonsentrasi pada lokasi-lokasi tertentu yang memiliki kondisi habitat relatif

sesuai (McGarvey *et al.*, 2016). Menurut Y. Chen, (2024) pola distribusi mengelompok merupakan bentuk distribusi yang umum, dan sering ditemukan pada organisme yang dipengaruhi oleh sumber daya dan kondisi lingkungan tidak homogen. Sebaliknya, pola distribusi seragam terjadi apabila individu tersebar dengan jarak yang relatif sama antar lokasi karena adanya akibat dari persaingan yang tinggi terhadap sumber daya, perilaku teritorial, atau kondisi lingkungan yang relatif homogen (Parvinen, 2016). Sementara itu distribusi acak menurut Brown *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa tidak terdapat daya tarik (attraction) maupun daya tolak (repulsion) antarindividu. Velázquez *et al.*, (2016) menjelaskan pola distribusi acak terjadi ketika posisi individu tidak dipengaruhi secara nyata oleh individu atau heterogenitas habitat. Sedangkan 2 spesies yang tidak teridentifikasi dikarenakan porsi pertemuan individu yang rendah dari setiap lokasi. Nilai Ip yang tidak teridentifikasi bukan berarti pola distribusinya tidak ada melainkan nilai Ip tidak dapat

dihitung atau tidak dapat diklasifikasikan karena tidak memenuhi persyaratan matematis dari rumus (Hayes & Castillo, 2017).

Pada penelitian ini, pola distribusi mengelompok ditunjukkan oleh sebagian besar spesies, meliputi *Lutjanus fulvus*, *Lutjanus russellii*, *Torquigener pallimaculatus*, *Triacanthus biaculeatus*, *Sillago schomburgkii*, *Caranx latus*, *Gerres subfasciatus*, *Schatopagus argus*, *Upeneus moluccensis*, *Yarica hyalosoma*, *Ophiocara porocephala*, *Thryssa setirostris*, hingga *Himantura oxyrhyncha*. Refita et al., (2017) menjelaskan semakin besar nilai Ip, maka semakin kuat kecenderungan suatu populasi terkonsentrasi pada lokasi-lokasi tertentu (mengelompok). Sebagai contoh ikan para tutul (*Himantura oxyrhyncha*). *H. Oxyrhyncha* merupakan kelompok ikan benthik yang hidup berasosiasi dengan dasar perairan dan cenderung membentuk agregasi pada habitat yang sesuai (Compagno, 2016). Keberadaan yang terbatas pada stasiun I dan IV mengindikasikan bahwa *H. oxyrhyncha* memiliki kisaran toleransi lingkungan yang lebih sempit (*stenotopic*) terhadap habitat di kawasan estuary Segoro Anak.

Tidak hanya pada *H. oxyrhyncha*, tetapi juga pada spesies-spesies yang memiliki preferensi habitat tertentu. Pengelompokan tampak jelas apabila dikaitkan dengan karakteristik setiap stasiun pengamatan. Stasiun II (Babakan) dan Stasiun V (Marengan), merupakan kawasan perairan tenang dengan substrat lumpur berpasir, berdekatan dengan vegetasi mangrove, dan kedalaman relatif dangkal. Karakteristik tersebut mendukung keberadaan berbagai spesies *estuary*, terutama kelompok ikan dasar (demersal) seperti *Boleophthalmus boddarti*, *Ophiocara porocephala*, dan *Neogobius fluviatilis* (FishBase, 2026). Vincentius, (2020) menjelaskan, habitat mangrove mampu menyediakan sumber pakan yang melimpah melalui akumulasi serasah dan detritus, sekaligus berfungsi sebagai daerah perlindungan dari predator serta kawasan pembesaran (*nursery ground*)

bagi berbagai jenis ikan. Carrasquilla, (2017) menambahkan bahwa habitat mangrove dan *backwater* merupakan salah satu tipe habitat *estuary* dengan produktivitas tinggi yang mampu mendukung terbentuknya agregasi berbagai spesies ikan.

Sebaliknya, Stasiun VI (Patuk) yang terletak di bagian hilir *estuary* memiliki karakteristik salinitas tertinggi (35 ppt), suhu tertinggi (30,5°C), dan berada paling dekat dengan laut terbuka. Kondisi tersebut menyebabkan stasiun ini lebih banyak dihuni oleh spesies yang berasal dari lingkungan laut, seperti *Lutjanus russellii*, *Torquigener pallimaculatus*, dan *Sillago schomburgkii* (FishBase, 2026). Tingginya salinitas mencerminkan pengaruh massa air laut yang lebih dominan sehingga hanya spesies dengan toleransi terhadap salinitas tinggi yang mampu berkembang dengan baik (Styga et al., 2019). Sebaliknya, Stasiun I (Sarenah) memiliki salinitas paling rendah (29 ppt) dan konsentrasi oksigen terlarut (DO) tertinggi sebesar 7,3 mg/L sehingga lebih sesuai bagi spesies yang toleran terhadap pengaruh air tawar maupun kondisi *estuary* bagian hulu.

Selain dipengaruhi oleh gradien salinitas, distribusi mengelompok juga berkaitan erat dengan ketersediaan makanan dan karakteristik substrat. Spesies seperti *Torquigener pallimaculatus* dan *Triacanthus biaculeatus* diketahui lebih sering ditemukan pada habitat berpasir hingga berlumpur di wilayah pesisir dan *estuary* yang kaya akan organisme benthik sebagai sumber pakan (Telesh & Khlebovich, 2010). Demikian pula *Himantura oxyrhyncha* yang memperoleh nilai Ip tertinggi (0,78), menunjukkan kecenderungan memusat pada habitat dasar berlumpur atau berpasir yang sesuai untuk aktivitas mencari makan. Menurut Blaber (2000), banyak spesies ikan *estuary* melakukan pengelompokan pada habitat tertentu sebagai strategi untuk memaksimalkan efisiensi memperoleh makanan sekaligus mengurangi risiko predasi.

Di sisi lain, beberapa spesies menunjukkan pola distribusi seragam, yaitu *Pomadasys kaakan*, *Ablabys taenianotus*, *Plectorhinchus gibbosus*, *Lutjanus argentimaculatus*, *Acanthopagrus pacificus*, *Ambassis gymnocephalus*, *Mugil cephalus*, *Drepane punctata*, dan *Cynoglossus lida*. Pola distribusi seragam menunjukkan bahwa individu tidak membentuk agregasi yang kuat atau memiliki kepadatan relatif seimbang pada habitat yang berhasil ditempatinya (Chen & Shen, 2024). Namun, pada penelitian ini interpretasi pola seragam perlu dilakukan secara hati-hati karena beberapa spesies, seperti *Drepane punctata* dan *Cynoglossus lida*, hanya ditemukan dalam jumlah individu yang sangat sedikit. Nilai Ip yang negatif pada kedua spesies tersebut lebih dipengaruhi oleh rendahnya jumlah individu dibandingkan benar-benar mencerminkan penyebaran yang merata. Shimadzu, (2018) menjelaskan bahwa spesies dengan ukuran sampel yang sangat kecil dapat menghasilkan nilai indeks yang kurang stabil sehingga interpretasinya harus mempertimbangkan jumlah individu yang ditemukan di lapangan. Berbeda dengan kedua spesies tersebut, *Mugil cephalus* menunjukkan

pola seragam meskipun ditemukan pada seluruh stasiun pengamatan dengan jumlah individu yang relatif tinggi, yaitu 22 individu di Stasiun I, 33 individu di Stasiun II, 19 individu di Stasiun III, 27 individu di Stasiun IV, 17 individu di Stasiun V, dan 25 individu di Stasiun VI. Penyebaran *M. cephalus* yang relatif merata di dukung oleh sifat euryhaline yang memungkinkan hidup pada kisaran salinitas yang lebar, mulai dari perairan tawar hingga laut.

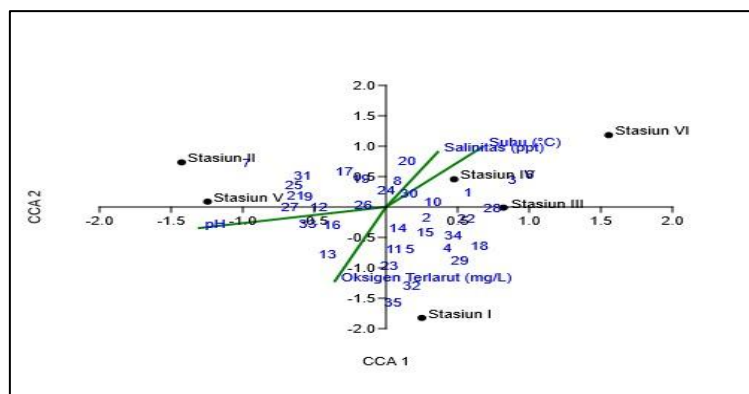
Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa hanya *Platycephalus indicus* yang memiliki nilai Ip sebesar 0,00 sehingga dikategorikan memiliki pola distribusi acak. Pola tersebut menunjukkan bahwa keberadaan individu tidak memperlihatkan kecenderungan mengelompok maupun tersebar merata Menurut Krebs (2014), pola distribusi acak umumnya dijumpai apabila kondisi lingkungan relatif masih dapat ditoleransi oleh suatu spesies dan interaksi antarindividu maupun kompetisi terhadap sumber daya tidak cukup kuat untuk membentuk agregasi atau pola penyebaran yang seragam.

F. Hasil Canonical Correspondence Analysis

Tabel 8. Hasil Analisis nilai Canonical Correspondence Analysis (CCA).

CCA	Eigenvalue	% of constr. in.	% of total inertia
1	1,53125	49.64	27.34.00
2	0.14111	31.76	17.05

Keterangan: CCA (Canonical Correspondence Analysis), 1 (Sumbu Pertama), 2 (Sumbu Kedua).



Gambar 7. Biplot Hasil Canonical Correspondence Analysis (CCA): 1-35 (Spesies), I-VI (Stasiun Pengamatan)

Hasil analisis CCA menunjukkan bahwa sumbu pertama (CCA1) memiliki nilai eigenvalue sebesar 0,2205 dan mampu menjelaskan 49,64% variasi terikat (constrained inertia), sedangkan sumbu kedua (CCA2) memiliki nilai eigenvalue sebesar 0,1411 dengan kontribusi sebesar 31,76%. Secara kumulatif, kedua sumbu tersebut mampu menjelaskan 81,40% variasi hubungan antara komposisi iktiofauna dan parameter lingkungan.

Berdasarkan biplot CCA pada Gambar (7.), vektor suhu dan salinitas mengarah hampir sejajar menuju kuadran I. menurut Park *et al.*, (2019) semakin tinggi arah vektor maka parameter memiliki korelasi positif yang kuat dan meningkat secara bersamaan sepanjang gradien. Data lapangan pada Tabel (4.) mendukung pernyataan tersenut, karena suhu meningkat dari 27,6°C di stasiun I, menjadi 30,5°C di Stasiun VI, sedangkan salinitas meningkat dari 29 ppt menjadi 35 ppt. Peningkatan suhu dan salinitas pada Stasiun VI sesuai dengan karakteristik lokasi yang berada di zona hilir dan berhubungan langsung dengan laut terbuka. Johnson, (2016) dalam penelitiannya menyatakan, arae terbuka mampu meningkatkan suhu perairan karena minimnya tutupan vegetasi sehingga meningkatkan penerimaan radiasi matahari. Hasil penelitian Lam *et al.*, (2016) menunjukkan, kenaikan suhu berbarengan dengan penurunan jumlah tangkapan ikan. Sedangkan salinitas merupakan faktor lingkungan yang mampu mengontrol zonasi komunitas iktiofauna karena beberapa spesies memiliki kisaran toleransi berbeda Loureiro *et al.*, (2016). Smyth & Elliott, (2016) berpendapat, semakin tinggi salinitas, maka ekosistem lebih cocok dihuni oleh organisme laut.

Terlihat pada Tabel (5.), meskipun jumlah individu hanya mencapai 109, stasiun VI lebih banyak dihuni dominasi dari spesies iktiofauna laut daripada kelompok lain seperti, *Pomadasys kaakan*, *Sillago schomburgkii*, *Torquigener pallimaculatus*, *Eubleekeria splendens*, dan *Nematalosa come*. Kehadiran spesies iktiofauna laut menunjukkan bahwa kawasan hilir menyediakan kondisi fisika-kimia yang menyerupai habitat laut sehingga lebih sesuai bagi ikan yang memiliki preferensi terhadap salinitas tinggi (Costa *et al.*, 2018).

Sebaliknya, vektor oksigen terlarut (DO) mengarah ke kuadran III dan berlawanan arah dengan suhu serta salinitas. Arah vektor yang berlawanan menunjukkan adanya hubungan negatif antara kedua parameter (Costa *et al.*, 2018). Hasil pengukuran lapangan pada Tabel (4.6), memperlihatkan pola konsisten, dimana DO mengalami penurunan bertahap dari 7,3 mg/L pada Stasiun I menjadi hanya 4,5 mg/L pada Stasiun VI. Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya suhu, tingginya aktivitas respirasi organisme, serta akibat dari keberadaan keramba ikan. Menurut (Nelson, 2016) peningkatan suhu air akan mampu meningkatkan laju metabolisme dan respirasi ikan, yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi serta konsumsi oksigen, sedangkan peningkatan salinitas dapat mengurangi kemampuan air melarutkan oksigen. Sedangkan dalam buku Ballester *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa keberadaan keramba meningkatkan masukan bahan organik dari sisa pakan dan feses ikan budidaya. Lebih lanjut, Battin *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa dekomposisi bahan organik tersebut oleh bakteri heterotrof meningkatkan *biological oxygen demand* (BOD), sehingga menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut di perairan menurun. Penurunan DO dapat mengganggu respirasi ikan, sehingga ikan cenderung berpindah ke habitat dengan kadar oksigen yang lebih tinggi (Claireaux & Chabot, 2016).

Berbeda dengan suhu, salinitas, dan DO, vektor pH mengarah ke sisi negatif sumbu CCA1 dan berasosiasi dengan Stasiun II serta Stasiun V. Menurut Ter *et al.*, (2018), objek yang terletak searah dan dekat dengan suatu vektor lingkungan menunjukkan hubungan yang lebih kuat terhadap gradien parameter tersebut. Berdasarkan data Tabel (4.), nilai pH pada stasiun II dan V lebih tinggi dibanding stasiun lainnya. Smyth & Elliott, (2016) menjelaskan, variasi pH pada ekosistem estuary dipengaruhi oleh interaksi antara masukan air tawar dan air laut, aktivitas fotosintesis organisme autotrof, respirasi biota, serta proses dekomposisi bahan organik. Jika dilihat dari Peta penelitian, posisi stasiun II dan V berada dekat dengan kawasan mangrove. Tabel (3.1), juga

menunjukkan, stasaiun II dan V memiliki karakteristik serupa yaitu *backwater area* dan *tidal creek* dengan substrat berlumpur dan perairan yang relatif tenang. Kondisi perairan yang relatif tenang di kawasan mangrove mendukung pertumbuhan fitoplankton yang lebih tinggi dibandingkan perairan terbuka (Canuel & Hardison, 2016). Dalam penelitiannya Hutami *et al.*, (2018) menyatakan, ekosistem mangrove mampu menekan kadar pH melalui proses fotosintesis dari fitoplankton. Mostofa *et al.*, (2016) menjelaskan aktivitas fotosintesis organisme autotrof di perairan, seperti fitoplankton dan vegetasi mangrove, akan menyerap CO₂ terlarut sehingga mengurangi pembentukan asam karbonat (H₂CO₃). Kottmeier *et al.*, (2016) menambahkan, penyerapan CO₂ oleh fitoplankton di perairan menyebabkan konsentrasi ion hidrogen (H⁺) menurun, yang pada akhirnya meningkatkan nilai pH perairan sehingga cenderung berada pada kondisi netral hingga sedikit basa. Posisi Stasiun II dan V yang searah dengan vektor pH menunjukkan bahwa variasi kondisi lingkungan pada kedua stasiun lebih berkaitan dengan parameter pH.

Pada arah vektor yang sama, spesies *Plotosus lineatus*, *Drepane punctata*, *Lutjanus argentimaculatus*, *Boleophthalmus boddarti*, *Ophiocara porocephala*, dan *Zenarchopterus dispar* merupakan spesies yang berasosiasi dengan gradien pH. Dalam analisis CCA, semakin dekat posisi subjek terhadap vektor, maka semakin kuat asosiasi subjek tersebut dengan gradien pada lokasi pengamatan (Palmer, 1993). Selama penelitian, nilai pH berkisar antara 7,01-7,54, yang masih berada dalam kisaran netral hingga sedikit basa. Menurut Castro *et al.*, (2024) Ph netral mencapai $\pm 7,01-7,49$, sedangkan basa mencapai $>7,50$. Blaber, (2016) menjelaskan bahwa nilai pH yang cocok bagi sebagian besar ikan *estuary* mencapai $\pm 7,0-8,5$ karena pengaruh dari dinamika pasang surut. Pada kisaran pH $\pm 7,50-8,5$, proses fisiologis seperti respirasi, osmoregulasi, keseimbangan ion, dan

aktivitas enzim berlangsung secara optimal. Boyd *et al.*, (2016) Dalam kajiannya, nilai pH yang berada dalam batas toleransi ikan mampu mendukung kestabilan proses fisiologis, sehingga dapat mempertahankan pertumbuhan, metabolisme, dan aktivitasnya.

Meskipun demikian, nilai pH antarstasiun menunjukkan variasi yang relatif kecil dengan standar deviasi sebesar 0,53, yang mengindikasikan bahwa kondisi pH di seluruh lokasi pengamatan cenderung homogen. Menurut Tian *et al.*, (2016), standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa suatu parameter memiliki tingkat variasi yang kecil sehingga kondisi lingkungan antar lokasi relatif seragam. Homogenitas nilai pH tersebut menunjukkan bahwa seluruh stasiun masih berada pada kisaran pH yang sesuai bagi kehidupan ikan *estuary*. (7,01–7,54), sehingga kondisi pH pada setiap stasiun relatif tidak berbeda nyata. Keadaan ini menyebabkan sebagian besar spesies ikan masih mampu beradaptasi pada seluruh lokasi pengamatan, sementara variasi kondisi lingkungan yang lebih besar pada parameter lain, seperti salinitas, suhu, dan oksigen terlarut, berpotensi memberikan pengaruh yang lebih nyata terhadap perbedaan komposisi spesies antarstasiun.

Disisi lain, posisi stasiun III dan stasiun IV berada di sekitar pusat ordinasi. Menurut (ter Braak & Smilauer, 2012) dalam *Canoco Reference Manual and User's Guide*, objek yang terletak di dekat titik pusat ordinasi menunjukkan respons yang lemah terhadap gradien lingkungan. Dallas *et al.*, (2016) juga menjelaskan, posisi objek yang berdekatan dengan titik ordinasi menunjukkan bahwa objek (stasiun) memiliki kondisi lingkungan yang bersifat transisi. Peta penelitian menunjukkan, stasiun III dan IV berada pada kawasan tengah estuary Segoro Anak, antara hulu dan hilir daerah tengah *estuary* memiliki kondisi lingkungan yang lebih moderat karena menerima pengaruh air tawar sekaligus air laut. Data kualitas air memperkuat interpretasi tersebut. Stasiun III dan VI memiliki suhu antara 28,5-28,8°C, salinitas 30 ppt, serta DO 6,4-6,7 mg/L, yaitu nilai yang berada di antara

kondisi hulu dan hilir Berdasarkan data (Tabel 4.). Hal tersebut juga didukung oleh indeks kemiripan Bray-Curtis pada Tabel (7.), menunjukkan bahwa kemiripan tertinggi antara Stasiun I, III dan VI. Pola tersebut mengindikasikan bahwa Stasiun III berfungsi sebagai zona transisi yang menghubungkan iktiofauna dari bagian hulu maupun hilir estuary.

IV. KESIMPULAN

Penelitian di kawasan *Estuary* Segoro Anak, Taman Nasional Alas Purwo (TNAP), berhasil mengidentifikasi 35 spesies iktiofauna yang tergolong ke dalam 4 guild fungsional, dengan guild *estuary associated* sebagai kelompok yang paling dominan, serta menunjukkan tingkat keanekaragaman sedang, dominasi rendah, dan kekayaan jenis yang bervariasi sehingga mengindikasikan kondisi ekosistem yang masih mampu mendukung keberadaan berbagai spesies ikan. Analisis kemiripan komunitas (Bray-Curtis) membentuk dua kelompok utama stasiun yang mencerminkan pengaruh karakteristik habitat terhadap komposisi iktiofauna, sedangkan analisis pola distribusi menunjukkan bahwa sebagian besar spesies (24 dari 35 spesies) memiliki pola distribusi mengelompok yang mengindikasikan adanya preferensi terhadap habitat tertentu. Hasil *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) selanjutnya menunjukkan bahwa suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO), dan pH merupakan faktor lingkungan utama yang memengaruhi komposisi serta distribusi iktiofauna, sehingga secara keseluruhan struktur komunitas ikan di *Estuary* Segoro Anak dikendalikan oleh gradien lingkungan dari hulu hingga hilir serta heterogenitas habitat estuary.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Ainullah, M. V., Sudarmadji, S., & Utami, E. T. (2015). Keanekaragaman Jenis Ikan Di Blok Bedul Segoro Anak Taman Nasional Alas Purwo. *Berkala Sainstek*, 3(1), 16–19.
- Alamsyah, R., & Pi, S. (2024). Biologi perairan. *Biologi Perairan*, 32.
- Anticamara, J. A., & Go, K. T. B. (2016). Spatio-temporal declines in Philippine fisheries and its implications to coastal municipal fishers' catch and income. *Frontiers in Marine Science*, 3, 21.
- Arif Rachman, & Hery Purnomo. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D (Dr. Bambang Ismaya, Ed.).
- Authman, M. M. (2015). Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 06(04). <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000328>
- Badan Informasi Geospasial. (2013, January 21). BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkokesra. [Www.Big.Go.Id. https://www.big.go.id/site/search?Search%5Bkeyword%5D=BIG+Serahkan+Peta+NKRI+Kepada+Kemenkokesra](http://www.big.go.id/site/search?Search%5Bkeyword%5D=BIG+Serahkan+Peta+NKRI+Kepada+Kemenkokesra)
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Cerezo-Valverde, J., & Aguado-Giménez, F. (2017). Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed? *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 23–30.
- Battin, T. J., Besemer, K., Bengtsson, M. M., Romani, A. M., & Packmann, A. I. (2016). The ecology and biogeochemistry of stream biofilms. *Nature Reviews Microbiology*, 14(4), 251–263.
- Blaber, S. J. M., & Barletta, M. (2016). A review of estuaryne fish research in South America: what has been achieved and what is the future for sustainability and conservation? *Journal of Fish Biology*, 89(1), 537–568. <https://doi.org/10.1111/jfb.12875>
- Boyd, C. E., Tucker, C. S., & Somridhivej, B. (2016). Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1), 6–41. <https://doi.org/10.1111/jwas.12241>
- BRIN. (2024, August 12). Jalur Migrasi Ikan “Fishway”, Solusi Pertahankan Biodiversitas Air Tawar. <https://www.brin.go.id/news/120196/jalur-migrasi-ikan-fishway-solusi-pertahankan-biodiversitas-air-tawar>
- Brown, C., Illian, J. B., & Burslem, D. F. R. P. (2016). Success of spatial statistics in determining underlying process in simulated plant communities. *Journal of Ecology*, 104(1), 160–172. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12493>
- Brown, R. L., Reilly, L. A. J., & Peet, R. K. (2016). Species Richness: Small Scale. In *Encyclopedia of Life Sciences* (pp. 1–9). Wiley.

- <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020488.pub2>
- Caddy, J. F., & Bakun, A. (1994). A tentative classification of coastal marine ecosystems based on dominant processes of nutrient supply. *Ocean & Coastal Management*, 23(3), 201–211.
- Canuel, E. A., & Hardison, A. K. (2016). Sources, Ages, and Alteration of Organic Matter in Estuaries. *Annual Review of Marine Science*, 8(1), 409–434. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-034058>
- Carrasquilla-Henao, M., & Juanes, F. (2017). Mangroves enhance local fisheries catches: a global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 18(1), 79–93. <https://doi.org/10.1111/faf.12168>
- Castro, D., Patil, S., Zubair, M., & Keenaghan, M. (2024). Arterial blood gas. *StatPearls*.
- Chen, Y., & Shen, T. (2024). Distributional ecology: Opening new research windows by addressing aggregation-related puzzles. *Diversity and Distributions*, 30(4). <https://doi.org/10.1111/ddi.13818>
- Claireaux, G., & Chabot, D. (2016). Responses by fishes to environmental hypoxia: integration through Fry's concept of aerobic metabolic scope. *Journal of Fish Biology*, 88(1), 232–251. <https://doi.org/10.1111/jfb.12833>
- Compagno, L. J. V. (2016). *Fluvitrygon oxyrhyncha*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016.
- Coogan, J., Dzwonkowski, B., & Lehrter, J. (2019a). Effects of coastal upwelling and downwelling on hydrographic variability and dissolved oxygen in Mobile Bay. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(2), 791–806.
- Coogan, J., Dzwonkowski, B., & Lehrter, J. (2019b). Effects of coastal upwelling and downwelling on hydrographic variability and dissolved oxygen in Mobile Bay. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(2), 791–806.
- Costa, C. R., Costa, M. F., Dantas, D. V., & Barletta, M. (2018). Interannual and seasonal variations in estuarine water quality. *Frontiers in Marine Science*, 5, 301.
- Dallas, T. A., Kramer, A. M., Zokan, M., & Drake, J. M. (2016). Ordination obscures the influence of environment on plankton metacommunity structure. *Limnology and Oceanography Letters*, 1(1), 54–61. <https://doi.org/10.1002/lol2.10028>
- Dhea Retno Astrini, A., Yusuf, M., & Adi Santoso, dan. (2014). KONDISI PERAIRAN TERHADAP STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTHOS DI MUARA SUNGAI KARANGANYAR DAN TAPAK, KECAMATAN TUGU, SEMARANG. In *Journal Of Marine Research* (Vol. 3, Number 1). <http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- DINIANTI, S. N. U. R. H. (2025). BIODIVERSITAS IKTIOfauna DI SUNGAI KERUMUTAN, KABUPATEN PELALAWAN, PROVINSI RIAU.
- Elliott, M., & Whitfield, A. K. (2011). Challenging Paradigms in Estuarine Ecology and Management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 94(4), 306–314. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.06.016>
- Eloranta, A. P., Helland, I. P., Sandlund, O. T., Hesthagen, T., Ugedal, O., & Finstad, A. G. (2016). Community structure influences species' abundance along environmental gradients. *Journal of Animal Ecology*, 85(1), 273–282. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12461>
- Eston, A., Hananto, U. D., & Soemarmi, A. (2016). Pengelolaan potensi pariwisata dalam pembangunan kepariwisataan di Kabupaten Banyuwangi menurut undang-undang nomor 23 tahun 2014 tentang pemerintahan daerah. *Diponegoro Law Journal*, 5(2), 1–11.
- Febiana, R., & Burhanuddin, A. (2024). Implementasi Kebijakan Sekuritisasi Maritim Presiden Jokowi dalam menghadapi Aktivitas Ilegal di Perairan Indonesia. *Jurnal Studi Diplomasi Dan Keamanan*, 16(1), 44–62.
- Ferreira, V., Le Loc'h, F., Ménard, F., Frédou, T., & Frédou, F. (2019). Composition of the Fish Fauna in a Tropical Estuary: the Ecological Guild Approach. *Scientia Marina*, 83(2), 133–142.
- FishBase. (2026, February 24). All fishes Reported from Indonesia. <https://www.fishbase.se>. https://fishbase.se/country/CountryChecklist.php?what=list&trpp=50&c_code=360&csub_code=&cpresence=possible&vhabitat=endemic
- Flindt, M. R., Pardal, M. Â., Lillebø, A. I., Martins, I., & Marques, J. C. (1999). Nutrient cycling and plant dynamics in estuaries: a brief review. *Acta Oecologica*, 20(4), 237–248.
- Gde Suranaya Pandit. (2022). *Morphologi Dan Identifikasi Ikan* (Muhammad Husein Maruahey, Ed.). KBM Indonesia.
- Gessner, M. O., Swan, C. M., Dang, C. K., McKie, B. G., Bardgett, R. D., Wall, D. H., & Hättenschwiler,

- S. (2010). Diversity meets decomposition. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 372–380.
- Giaroli, M. L., Chargulaf, C. A., Gilby, B. L., & Tibbetts, I. R. (2023). Tidal migrations of juvenile *Sillago* spp. in a subtropical intertidal nursery seascape. *Marine and Freshwater Research*, 74(14), 1193–1210.
- Goldstein, E. D., D'Alessandro, E. K., & Sponaugle, S. (2016). Demographic and reproductive plasticity across the depth distribution of a coral reef fish. *Scientific Reports*, 6(1), 34077.
- Gonzalez, L. A., & Quigg, A. (2024). The Functional Response of Estuary Fish Communities to Hydrologic Change in a Semi-Arid Ecosystem. *Fishes*, 9(11), 461.
- Grizzetti, B., Pistocchi, A., Lique, C., Udias, A., Bouraoui, F., & van de Bund, W. (2017). Human pressures and ecological status of European rivers. *Scientific Reports*, 7(1), 205. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00324-3>
- Hasanah, F. T. (2020). Karakteristik Wilayah Daratan dan Perairan di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 20(13), 1–6.
- Hayes, J. J., & Castillo, O. (2017). A new approach for interpreting the Morisita index of aggregation through quadrat size. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(10), 296.
- Hidayat, S. (2018). Behavior Study of *Periophthalmus variabilis* and *Boleophthalmus boddarti*. *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 4(1), 17–22.
- Hidayat, T., & Nurulludin, N. (2017). Indeks Keanekaragaman Hayati Sumberdaya Ikan Demersal Di Perairan Samudera Hindia Selatan Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(2), 123–130.
- Hutami, G. H., Muskananfolo, M. R., & Sulardiono, B. (2018). Analisis kualitas perairan pada ekosistem mangrove berdasarkan kelimpahan fitoplankton dan nitrat fosfat di Desa Bedono Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6(3), 239–246.
- Hutomo, M., & Moosa, M. K. (2005). Indonesian marine and coastal biodiversity: Present status. *Indian Journal of Marine Sciences*, 34(1), 88–97.
- IUCN Red list. (2025, March 27). Data Jumlah Spesies dengan Status Terancam Punah di Dunia. [DataIndonesia.Id](https://dataindonesia.id).
- Jacox, M. G., Hazen, E. L., & Bograd, S. J. (2016). Optimal environmental conditions and anomalous ecosystem responses: Constraining bottom-up controls of phytoplankton biomass in the California Current System. *Scientific Reports*, 6(1), 27612.
- Jati, P. K., & Ardiyansyah, F. (2025). Kekayaan Jenis Iktiofauna di Muara Segoro Anak Resort Grajagan Taman Nasional Alas Purwo. *Laporan PKL*
- Jenkins, M. F., White, E. P., & Hurlbert, A. H. (2018). The proportion of core species in a community varies with spatial scale and environmental heterogeneity. *PeerJ*, 6, e6019. <https://doi.org/10.7717/peerj.6019>
- Johnson, R. K., & Almlöf, K. (2016). Adapting boreal streams to climate change: effects of riparian vegetation on water temperature and biological assemblages. *Freshwater Science*, 35(3), 984–997.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2013). Profil Taman Nasional Alas Purwo. Direktorat Jenderal KSDAE. <https://ksdae.kehutan.go.id/kawasan-konservasi/100242023/>
- Kottmeier, D. M., Rokitta, S. D., & Rost, B. (2016). H₂O₂-driven increase in CO₂ uptake and decrease in. *Limnology & Oceanography*, 61(6).
- Kral-O'Brien, K. C., O'Brien, P. L., Hovick, T. J., & Harmon, J. P. (2021). Meta-analysis: Higher Plant Richness Supports Higher Pollinator Richness Across Many Land Use Types. *Annals of the Entomological Society of America*, 114(2), 267–275. <https://doi.org/10.1093/aesa/saaa061>
- Krispyn, K. N., Loneragan, N. R., Whitfield, A. K., & Tweedley, J. R. (2021). Salted mullet: Protracted occurrence of *Mugil cephalus* under extreme hypersaline conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 261, 107533. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107533>
- Lam, V. W. Y., Cheung, W. W. L., Reygondeau, G., & Sumaila, U. R. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports*, 6(1), 32607. <https://doi.org/10.1038/srep32607>
- Latuconsina, H. (2019). Ekologi perairan tropis: prinsip dasar pengelolaan sumber daya hayati perairan. Ugm Press.
- Levine, R. M. (2021). Climate-Driven Shifts in Abundance, Distribution, and Composition of the Pelagic Fish Community in a Rapidly

- Changing Pacific Arctic. University of Washington.
- Lima, C. S., Maciel, E. B., Clark, F. J. K., & Pessanha, A. L. M. (2022). Does environmental heterogeneity explain β diversity of estuarine fish assemblages? Example from a tropical estuary under the influence of a semiarid climate, Brazil. *PLOS ONE*, 17(9), e0273765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273765>
- Loureiro, S. N., Reis-Filho, J. A., & Giarrizzo, T. (2016). Evidence for habitat-driven segregation of an estuarine fish assemblage. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 804–820.
- MacArthur, R. H., & MacArthur, J. W. (1961). On bird species diversity. *Ecology*, 42(3), 594–598.
- Magfirah. (2014). Karakteristik sedimen dan hubungannya dengan struktur komunitas makrozoobenthos di sungai Tahi Ite kecamatan Rarowatu kabupaten Bombana Sulawesi Tenggara. *Jurnal Mina Laut Indonesia Vol*, 4(14), 117–131.
- Malcolm T. Jollie. (2026, February 16). Vertebrate. *Www.Britannica.Com*. <https://www.britannica.com/animal/vertebrate>
- Malini, D. M., & Muliani, R. (2016). Konsumsi Oksigen Ikan Pelagis di Muara Segara Anak, Taman Nasional Alas Purwo. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 2(2), 111. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i2.2489>
- Margalef, R. (1973). *Information Theory in Ecology*.
- McGarvey, R., Burch, P., & Matthews, J. M. (2016). Precision of systematic and random sampling in clustered populations: habitat patches and aggregating organisms. *Ecological Applications*, 26(1), 233–248. <https://doi.org/10.1890/14-1973>
- Michelsen, F. A., Klebert, P., Broch, O. J., & Alver, M. O. (2019). Impacts of fish farm structures with biomass on water currents: A case study from Frøya. *Journal of Sea Research*, 154, 101806.
- Molina, A., Duque, G., & Cogua, P. (2020). Influences of Environmental Conditions in the Fish Assemblage Structure of a Tropical Estuary. *Marine Biodiversity*, 50(1), 5.
- MORISITA, M. (1959). Measuring the Dispersion of Individuals and Analysis of Distributional Patterns. *Memoir Faculty of Science Kyushu University Series E.(Biology)*, 3, 65–80.
- Mostofa, K. M. G., Liu, C.-Q., Zhai, W., Minella, M., Vione, D., Gao, K., Minakata, D., Arakaki, T., Yoshioka, T., & Hayakawa, K. (2016). Reviews and Syntheses: Ocean acidification and its potential impacts on marine ecosystems. *Biogeosciences*, 13(6), 1767–1786.
- Nasukha, A., Septory, R., Wibawa, G. S., & Runte, K.-H. (2019). Organic enrichment of sediments: a case study at mariculture site, pegamatan bay Bali, Indonesia. *Indonesian Aquaculture Journal*, 14(2), 55–62.
- Nazhoom, N., & Bilkhis Wijaya, A. S. (2025). Analisis Hasil Tangkapan Nelayan Yang Didaratkan di Pelabuhan Perikanan Pantai Muncar. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 19(2), 175–188. <https://doi.org/10.33378/jppik.v19i2.524>
- Nelson, J. A. (2016). Oxygen consumption rate of energy utilization of fishes: a comparison and brief history of the two measurements. *Journal of Fish Biology*, 88(1), 10–25. <https://doi.org/10.1111/jfb.12824>
- Nindarwi, D. D., Masithah, E. D., Zulian, D., & Suyoso, A. LA. (2019). The Dynamic Relationship of Phytoplankton Abundance and Diversity in Relation to White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) Feed Consumption in Intensive Ponds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236, 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012072>
- Palmer, M. W. (1993). Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, 74(8), 2215–2230.
- Park, Y. H., Kong, T., Roede, J. R., Jones, D. P., & Lee, K. (2019). A biplot correlation range for group-wise metabolite selection in mass spectrometry. *BioData Mining*, 12(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13040-019-0191-2>
- Parvinen, K., & Brännström, Å. (2016). Evolution of site-selection stabilizes population dynamics, promotes even distribution of individuals, and occasionally causes evolutionary suicide. *Bulletin of Mathematical Biology*, 78(8), 1749–1772.
- Pigot, A. L., Jetz, W., Sheard, C., & Tobias, J. A. (2018). The macroecological dynamics of species coexistence in birds. *Nature Ecology & Evolution*, 2(7), 1112–1119.
- Putri, A. K., Dewa, A., Listyani, M., Sahara, L. R., Mahdiana, A., Kusuma, R. O., & Attaqi, A. N. (2023). Komposisi, Keanekaragaman, dan Relung Ekologi Ikan di Plawangan Timur

- Segara Anakan, Jawa Tengah. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 9(2), 241–251.
- Refita, Y., Siregar, H., & SUROSO, A. I. (2017). Evaluasi Program Sarjana Membangun Desa (SMD) dan Strategi Pengembangannya (Studi Kasus Provinsi Sumatera Barat, Jawa Barat dan Nusa Tenggara Barat). *Journal of Regional and Rural Development Planning (Jurnal Perencanaan Pembangunan Wilayah Dan Perdesaan)*, 1(1), 98–113.
- Ricotta, C., & Pavoine, S. (2022). A New Parametric Measure of Functional Dissimilarity: Bridging the Gap Between the Bray-Curtis Dissimilarity and the Euclidean Distance. *Ecological Modelling*, 466, 109880. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.109880>
- Rochmady, R. (2015). Analisis parameter oseanografi melalui pendekatan sistem informasi manajemen berbasis web (Sebaran suhu permukaan laut, klorofil-a dan tinggi permukaan laut). *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 8(1), 1–7.
- Sartimbul, A., Iranawati, F., Sambah, A. B., Yona, D., Hidayati, N., Harlyan, L. I., Sari, S. H. J., & Fuad, M. A. Z. (2017). Pengelolaan sumberdaya perikanan pelagis di Indonesia. Universitas Brawijaya Press.
- Shaha, D. C., & Cho, Y.-K. (2016). Salt plug formation caused by decreased river discharge in a multi-channel estuary. *Scientific Reports*, 6(1), 27176.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Mommunication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423.
- Sheaves, M., Baker, R., Nagelkerken, I., & Connolly, R. M. (2015). True Value of Estuaryne and Coastal Nurseries for Fish: Incorporating Complexity and Dynamics. *Estuaries and Coasts*, 38(2), 401–414.
- Shelford, V. E. (1913). Animal communities in temperate America: as illustrated in the Chicago region (Number 5). *Geographic Society of Chicago*.
- Shimadzu, H. (2018). On species richness and rarefaction: size-and coverage-based techniques quantify different characteristics of richness change in biodiversity. *Journal of Mathematical Biology*, 77(5), 1363–1381.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688.
- Smith, K. A., Dowling, C. E., & Brown, J. (2019). Simmered Then Boiled: Multi-Decadal Poleward Shift in Distribution by a Temperate Fish Accelerates During Marine Heatwave. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00407>
- Smyth, K., & Elliott, M. (2016). Effects of changing salinity on the ecology of the marine environment.
- Sruthy, V. L., Sajeela, K. A., & KM, M. R. (2025). First Description of Early Life Stages and Molecular Characterisation of Feathered River-Garfish, *Zenarchopterus dispar* (Valenciennes, 1847)(Beloniformes: Zenarchopteridae) from the Indian West Coast Mangrove Ecosystem. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 41(4), 231.
- Strong, W. L. (2016). Biased richness and evenness relationships within Shannon–Wiener index values. *Ecological Indicators*, 67, 703–713.
- Styga, J. M., Pienaar, J., Scott, P. A., & Earley, R. L. (2019). Does body shape in *Fundulus* adapt to variation in habitat salinity? *Frontiers in Physiology*, 10, 1400.
- Sukistyanawati, A. (2002). Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Evaluasi Potensi Lindung dan Wisata Mangrove di Segoro Anak, Taman Nasional Alas Purwo, Kabupaten Banyuwangi. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/22049>
- Sundoko, A., Suhandi, D., Tumembouw, S. S., Wanimbo, E., Rahardi, W., Putriani, R. B., Harahap, M. A., Prabowo, N. W., & Ferlin, A. (2025). EKOSISTEM ESTUARY: Dinamika, Keanekaragaman Hayati dan Konservasi. *Kamiya Jaya Aquatic*.
- Syamsul Hidayat. (2008). Struktur, Komposisi dan Status Tumbuhan Obat di Kawasan Hutan Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Biologi Udayana, VOLUME XII*.
- Tambaru, R., Haris, A., Samawi, M. F., & Luthfiah, I. A. (2023). Analisis Kelayakan Nutrien Anorganik Jenis N, P, dan Si untuk Kehidupan Fitoplankton di Perairan Pesisir Tompotana Takalar Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 15(1), 61–74. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol15.iss1.art5>
- Teichert, N., Lepage, M., Chevillot, X., & Lobry, J. (2018). Environmental Drivers of Taxonomic, Functional and Phylogenetic Diversity (Alpha, Beta and Gamma Components) in Estuaryne Fish Communities. *Journal of Biogeography*, 45(2), 406–417.
- Telesh, I. V., & Khlebovich, V. V. (2010). Principal Processes within the Estuaryne Salinity

- Gradient: A Review. *Marine Pollution Bulletin*, 61(4–6), 149–155.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.008>
- ter Braak, C. J. F., & Šmilauer, P. (2012). Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0.
- Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P., & Dray, S. (2018). Algorithms and biplots for double constrained correspondence analysis. *Environmental and Ecological Statistics*, 25(2), 171–197.
- Terrado, M., Sabater, S., Chaplin-Kramer, B., Mandle, L., Ziv, G., & Acuña, V. (2016). Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. *Science of the Total Environment*, 540, 63–70.
- Tian, W., Zhang, H., Zhao, L., Xiong, Y., & Huang, H. (2016). Effects of environmental factors on the temporal stability of phytoplankton biomass in a eutrophic man-made lake. *Water*, 8(12), 582.
- Tuapetel, F., Matrutty, D. D. P., & Waileruny, W. (2018). Diversity of demersal fish resources in Ambon Island Waters. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(3), 223–239.
- Velázquez, E., Martínez, I., Getzin, S., Moloney, K. A., & Wiegand, T. (2016). An evaluation of the state of spatial point pattern analysis in ecology. *Ecography*, 39(11), 1042–1055.
- Vijith, V., Shetye, S. R., Baetens, K., Luyten, P., & Michael, G. S. (2016). Residual estuaryne circulation in the Mandovi, a monsoonal estuary: A three-dimensional model study. *Estuaryne, Coastal and Shelf Science*, 173, 79–92.
- Vincentius, A. (2020). *Sumber Daya Ikan Ekonomis Penting Dalam Habitat Mangrove*. Deepublish.
- Whitfield, A. K. (2024). Life Cycles and Challenges for Fish Species that Breed in South African Estuaries. *Journal of Fish Biology*, 104(3), 508–516.
<https://doi.org/10.1111/jfb.15618>
- Wibowo, A., Prabawa, E., & Sugiarto, E. (2021). Manajemen Strategi Pengelolaan Sumber Daya Maritim di Indonesia. *Kebijakan: Jurnal Ilmu Administrasi*, 12(2), 163–170.
- William Ciputra. (2022, January 23). Wilayah Taman Nasional Alas Purwo (TNAP). <https://surabaya.kompas.com/read/2022/01/23/163734278/taman-nasional-alas-purwo-sejarah-flora-dan-fauna-di-dalamnya-serta-spot?page=all>.
Membership: <https://kmp.im/plus6>
Download aplikasi: <https://kmp.im/app6>
- William T. White, P. R. L. (2006). *Market Fishes of Indonesia*. ACIAR.
- Xu, H., Cao, M., Wu, Y., Cai, L., Cao, Y., Wu, J., Lei, J., Le, Z., Ding, H., & Cui, P. (2016). Disentangling the determinants of species richness of vascular plants and mammals from national to regional scales. *Scientific Reports*, 6(1), 21988. <https://doi.org/10.1038/srep21988>
- Yuliarti Selli. (2023, January 24). Taman Nasional Banyuwangi Meliputi Apa Saja? <https://Dolandigital.Id>.
<https://dolandigital.id/taman-nasional-banyuwangi-meliputi-apa-saja/>
- Yusuf, M. W., Elisdiana, Y., & Utomo, D. S. C. (2024). Pelatihan Budidaya Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) di Keramba Jaring Apung di Kabupaten Pesawaran, Lampung. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 3(1), 154–160.
- Zhou, L., Wang, G., Kuang, T., Guo, D., & Li, G. (2019). Fish assemblage in the Pearl River estuary: Spatial-seasonal variation, environmental influence and trends over the past three decades. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(4), 884–895.