

Fish Community Structure and Response to Anthropogenic Pressure in the Mangrove Ecosystem of Kladufu Village, East Sorong District

Struktur Komunitas Ikan dan Responsnya terhadap Tekanan Antropogenik pada Ekosistem Mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur

Marice Wakum¹, Roger R. Tabalessy^{2*}

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Kristen Papua Sorong, Jl.F. Kalasuat Sorong 94512, Papua Barat Daya, Indonesia

²Fakultas Pertanian, Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Kristen Papua Sorong, Jl.F. Kalasuat Sorong 94512, Papua Barat Daya, Indonesia
e-mail: roger.tabalessy@gmail.com

Abstrak

Ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur, menghadapi tekanan meningkat akibat konversi lahan dan perluasan permukiman yang berpotensi mengubah struktur komunitas ikan estuari. Penelitian ini mengkaji komposisi spesies, kelimpahan, dan respons komunitas ikan terhadap gradien lingkungan serta tekanan antropogenik di wilayah tersebut. Pengambilan data lapangan dilakukan selama empat minggu menggunakan jaring insang (*gill net*) dengan ukuran mata jaring 1, 2, dan 3 inci pada dua stasiun yang merepresentasikan habitat mangrove relatif utuh dan terfragmentasi. Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dilakukan secara bersamaan. Sepuluh spesies ikan teridentifikasi, didominasi oleh famili Leiognathidae dan Mugilidae. Pola kelimpahan menunjukkan pergeseran spasial yang nyata: Stasiun I (salinitas 30‰) didominasi *Mugil cephalus* (35,9%), sedangkan Stasiun II (salinitas 20‰, berdekatan dengan permukiman) menunjukkan dominasi mutlak oleh *Aurigequala fasciata* (51,5%). Indeks keanekaragaman dan keseragaman berada pada kisaran sedang hingga rendah, disertai peningkatan nilai dominansi di lokasi terdampak, mengindikasikan penyederhanaan struktur komunitas akibat degradasi habitat dan masukan limbah domestik. Gradien salinitas dan konversi mangrove menjadi penggerak utama distribusi spesies. Temuan ini menegaskan urgensi rehabilitasi mangrove yang terarah dan penerapan pengelolaan perikanan berbasis ekosistem untuk mempertahankan fungsi ekologis kawasan sebagai daerah asahan (*nursery ground*) serta mendukung keberlanjutan perikanan pesisir lokal.

Kata Kunci: struktur komunitas ikan; ekosistem mangrove; gradien salinitas; tekanan antropogenik; daerah asahan.

Abstract

The mangrove ecosystem in Kladufu Village, East Sorong District, faces escalating pressure from land conversion and settlement expansion, which threatens to alter estuarine fish community structures. This study evaluated species composition, abundance, and community responses to environmental gradients and anthropogenic stressors in the area. Field sampling was conducted over four weeks using gill nets (1-, 2-, and 3-inch mesh sizes) across two stations representing relatively intact and fragmented mangrove habitats. Concurrent physicochemical measurements were recorded. Ten fish species were documented, primarily belonging to Leiognathidae and Mugilidae. Abundance patterns exhibited a pronounced spatial shift: Station I (salinity 30‰) was dominated by *Mugil cephalus* (35.9%), while Station II (salinity 20‰, adjacent to residential areas) showed absolute dominance by *Aurigequala fasciata* (51.5%). Diversity and evenness indices ranged from moderate to low, accompanied by elevated dominance values at the impacted site, indicating community simplification driven by habitat degradation and domestic effluent inputs. Salinity gradients and mangrove conversion emerged as the principal drivers of species distribution. These findings highlight the urgent need for targeted mangrove rehabilitation and ecosystem-based fisheries management to maintain the area's ecological function as a nursery ground and sustain local coastal fisheries.

Keyword : *Fish community structure; Mangrove ecosystem; Salinity gradient; Anthropogenic pressure; Nursery ground.*

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir tropis yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis sangat tinggi. Secara ekologis, hutan mangrove berfungsi sebagai penyaring polutan, penahan abrasi, penyerap karbon biru (*blue carbon*), serta penyedia habitat bagi berbagai jenis biota laut dan darat (Kathiresan dan Bingham, 2001; Alongi, 2008). Mangrove juga berperan sebagai daerah asuhan (*nursery ground*), daerah mencari makan (*feeding ground*), dan tempat berlindung (*shelter*) bagi ikan, udang, kepiting, serta berbagai organisme lain yang berasosiasi dengan ekosistem lamun dan terumbu karang di sekitarnya (Nagelkerken *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2014). Dari sisi ekonomi, mangrove menyediakan sumber daya kayu, bahan baku industri, serta jasa lingkungan seperti perlindungan wilayah pesisir dari bencana alam (Barbier *et al.*, 2011).

Dalam dua dasawarsa terakhir, luasan hutan mangrove di Indonesia mengalami tekanan yang sangat besar akibat aktivitas antropogenik. Data menunjukkan bahwa lebih dari 30% tutupan mangrove nasional mengalami kerusakan, terutama karena konversi lahan menjadi tambak ikan dan udang, pembangunan infrastruktur, pencemaran, serta penebangan liar (Ilman *et al.*, 2016; Richards dan Friess, 2016). Kordi (2009) mengidentifikasi tiga faktor utama penyebab kerusakan mangrove, yaitu pencemaran, konversi lahan yang kurang memperhatikan aspek lingkungan, serta penebangan yang berlebihan. Kerusakan ini tidak hanya mengurangi luasan hutan mangrove, tetapi juga mengakibatkan hilangnya fungsi ekologis yang krusial, termasuk penurunan keanekaragaman hayati dan produktivitas perikanan pesisir (Polidoro *et al.*, 2010; Tabalessy, 2014).

Secara spasial, Kota Sorong di Provinsi Papua Barat Daya memiliki potensi ekosistem mangrove yang tersebar di Distrik Sorong Timur dan Sorong Kepulauan dengan luas total mencapai 1.379,66 Ha. Berdasarkan Laporan Akhir (2012), tipe vegetasi mangrove di wilayah ini didominasi oleh mangrove estuaria yang rapat dan kompak, umumnya

menyebar di sekitar muara sungai, seperti Muara Sungai Belakang Bandara Kelurahan Klasabi. Salah satu kelurahan yang memiliki hamparan mangrove cukup luas adalah Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur. Namun demikian, kawasan mangrove di Kelurahan Kladufu mengalami kerusakan signifikan akibat pemanfaatan lahan oleh masyarakat untuk pemukiman, serta tekanan alam berupa penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) dan abrasi yang cukup besar. Kondisi ini berpotensi mengurangi fungsi ekologis mangrove, terutama dalam mendukung komunitas ikan yang bergantung pada ekosistem tersebut.

Meskipun telah banyak penelitian tentang ekosistem mangrove di berbagai wilayah Indonesia, kajian mengenai struktur komunitas ikan pada ekosistem mangrove yang mengalami tekanan antropogenik dan alam di kawasan timur Indonesia, khususnya di Kota Sorong, masih sangat terbatas. Padahal, pemahaman tentang komposisi dan faktor-faktor yang mempengaruhi komunitas ikan di habitat mangrove sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menjawab dua permasalahan utama. Pertama, bagaimana struktur komunitas ikan yang hidup pada ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur. Kedua, faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi komunitas ikan pada ekosistem mangrove di lokasi tersebut. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengkaji struktur komunitas ikan yang hidup pada ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur, serta menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi komunitas ikan di kawasan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juni, bertempat di ekosistem mangrove Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur, Kota Sorong, Provinsi

Papua Barat Daya. Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan keterwakilan kondisi mangrove yang mengalami tekanan antropogenik dan alami.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas peralatan lapangan dan laboratorium. Peralatan lapangan meliputi *gill net* (jaring insang) dengan ukuran mata jaring 1 inci, 2 inci, dan 3 inci, GPS (*Global Positioning System*), refraktometer, pH meter, papan lamintang, mistar ukur, kamera, serta sepatu boot. Peralatan laboratorium yang digunakan adalah pena, pensil, dan botol sampel. Bahan yang diperlukan adalah sampel ikan yang diawetkan menggunakan larutan alkohol 70% untuk pengawetan jangka panjang (Omori dan Ikeda, 1992).

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh jenis ikan yang terdapat pada ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur. Sampel diambil secara representatif dari populasi tersebut dengan menggunakan metode penangkapan yang telah ditentukan.

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ikan dilakukan selama empat minggu dengan frekuensi dua kali pengambilan ulang per minggu. Penangkapan ikan menggunakan jaring insang (*gill net*) yang dimodifikasi sesuai dengan kondisi morfometrik perairan lokasi penelitian. Jaring insang yang digunakan memiliki ukuran mata jaring bervariasi yaitu 1 inci, 2 inci, dan 3 inci, dengan ukuran jaring keseluruhan 1,6 m × 40 m. Metode penangkapan dengan jaring insang ini mengacu pada prosedur yang dikemukakan oleh Kamler (1992). Sampel ikan yang diperoleh selanjutnya dicuci dan diawetkan dengan larutan alkohol 70% untuk keperluan identifikasi dan pengawetan jangka panjang (Omori dan Ikeda, 1992). Identifikasi spesies ikan

dilakukan dengan menggunakan buku panduan identifikasi ikan (Allen, 1999) serta merujuk pada literatur taksonomi terkini.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan pengukuran di lapangan. Observasi awal dilakukan selama satu hari sebelum pelaksanaan penelitian untuk memperoleh gambaran umum mengenai kondisi lokasi serta menentukan titik stasiun pengamatan. Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Penetapan dua stasiun pengamatan sepanjang jalur ekosistem mangrove berdasarkan pertimbangan keterwakilan kondisi lingkungan.
2. Pemasangan jaring insang dengan ukuran 1,6 m × 40 m membentang sejajar garis pantai. Setiap ujung jaring diberi patok untuk menahan jaring dari pengaruh arus pasang surut.
3. Jaring dipasang pada saat pasang tertinggi dan diamati pada saat surut terendah.
4. Ikan yang tertangkap dikumpulkan dengan metode koleksi bebas, kemudian dihitung jumlah individu dan diidentifikasi jenisnya.
5. Identifikasi ikan dilakukan menggunakan buku identifikasi Allen (1999) dan sumber referensi lainnya, selanjutnya dihitung jumlah per jenis untuk dianalisis kelimpahannya.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan beberapa pendekatan statistik ekologi, meliputi kelimpahan, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi.

1. Kelimpahan

Kelimpahan ikan dihitung berdasarkan jumlah individu per satuan luas area pengambilan sampel. Rumus yang digunakan mengacu pada (Odum, 1993):

$$K = \frac{N_i}{A}$$

Keterangan:

K = kelimpahan (individu/m²)

N_i = jumlah individu jenis ke- i

A = luas area pengambilan sampel (m²)

2. Indeks Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman jenis dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener (Odum, 1993):

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah total individu

S = jumlah spesies

3. Indeks Keseragaman (E)

Indeks keseragaman digunakan untuk mengetahui keseimbangan komunitas antar spesies dalam suatu populasi. Nilai indeks keseragaman dihitung dengan rumus (Krebs, 1989; Odum, 1993):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

E = indeks keseragaman

H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S = jumlah spesies

Menurut Krebs (1989), kriteria indeks keseragaman adalah sebagai berikut:

1. $E > 0,6$: keseragaman spesies tinggi
2. $0,4 \leq E \leq 0,6$: keseragaman spesies sedang
3. $E < 0,4$: keseragaman spesies rendah

4. Indeks Dominasi (C)

Indeks dominasi digunakan untuk menggambarkan tingkat dominansi suatu spesies tertentu dalam komunitas. Perhitungan indeks dominasi menggunakan rumus Simpson (Odum, 1993):

$$C = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan:

C = indeks dominasi Simpson

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah total individu

S = jumlah spesies

Nilai indeks dominasi berkisar antara 0-1, di mana nilai mendekati 1 menunjukkan adanya spesies yang mendominasi komunitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Spesies dan Pola Kelimpahan

Selama periode penelitian, teridentifikasi sepuluh spesies ikan yang berasosiasi dengan ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur (Tabel 1). Komposisi taksonomi didominasi oleh famili Leiognathidae (*Aurigequala fasciata*, *Leiognathus equulus*, *Gazza minuta*) dan Mugilidae (*Mugil cephalus*), yang secara ekologis dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap fluktuasi kondisi estuari.

Pola kelimpahan menunjukkan diferensiasi spasial yang nyata antar stasiun (Gambar 1). Pada Stasiun I yang berlokasi pada zona mangrove dengan tutupan vegetasi relatif utuh dan berbatasan langsung dengan perairan laut *Mugil cephalus* mencatat proporsi tertinggi (35,9% / 14 individu dari total individu), diikuti *A. fasciata* (25,6% / 10 Individu). Sebaliknya, Stasiun II yang berada di dekat ujung muara dengan tekanan antropogenik berupa konversi lahan permukiman, didominasi secara absolut

Tabel 1. Komposisi spesies ikan yang ditemukan pada ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu, Distrik Sorong Timur

No.	Spesies	Famili	Stasiun I (ekor)	Stasiun II (ekor)	Total (ekor)	Frekuensi Kemunculan (%)
1	<i>Aurigequala fasciata</i>	Leiognathidae	10	17	27	37,5
2	<i>Mugil cephalus</i>	Mugilidae	14	1	15	20,8
3	<i>Glossamia beauforti</i>	Apogonidae	3	6	9	12,5
4	<i>Leiognathus equulus</i>	Leiognathidae	3	5	8	11,1
5	<i>Gazza minuta</i>	Leiognathidae	4	-	4	5,6
6	<i>Carangoides ferdau</i>	Carangidae	1	1	2	2,8
7	<i>Upeneus vittatus</i>	Mullidae	2	-	2	2,8
8	<i>Sillago analis</i>	Sillaginidae	2	-	2	2,8
9	<i>Strongylura timucu</i>	Hemiramphidae	-	2	2	2,8
10	<i>Sardinella fimbriata</i>	Clupeidae	-	1	1	1,4
Jumlah			39	33	72	100

Keterangan (-) = Tidak ditemukan

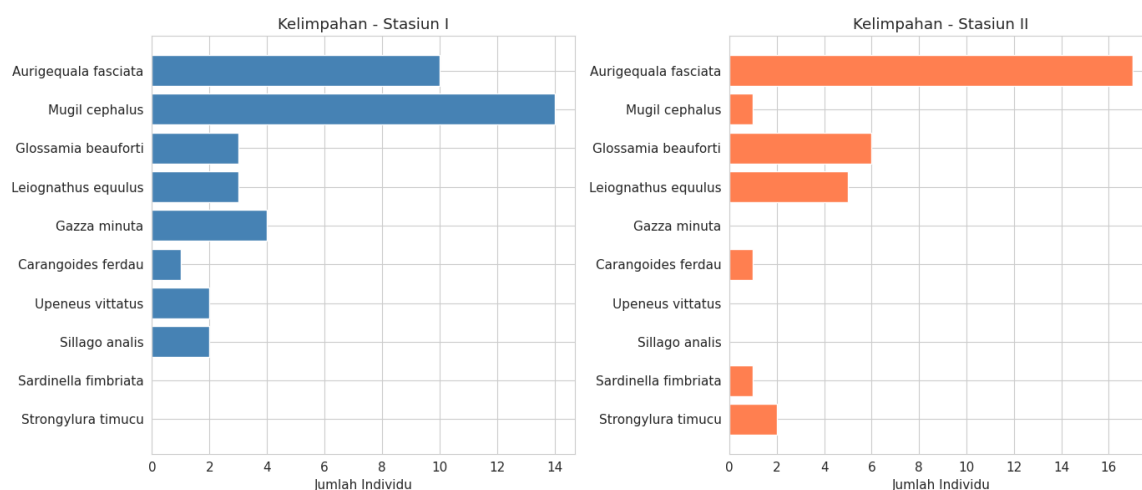
oleh *A. fasciata* (51,5% / 17 Individu), sementara *M. cephalus* hanya berkontribusi 3,0%.

Perbedaan struktur dominasi ini mengindikasikan respons komunitas ikan terhadap gradien lingkungan, khususnya salinitas. Stasiun I dengan salinitas 30% mendukung spesies yang lebih toleran terhadap kondisi marin, sedangkan Stasiun II (salinitas 20%) yang menerima masukan air tawar lebih besar menjadi habitat preferensial bagi spesies dengan adaptasi eurihalin sempit. Temuan ini sejalan dengan prinsip distribusi ikan estuari yang menekankan pentingnya gradien salinitas dalam membentuk zonasi komunitas (Blaber, 2007).

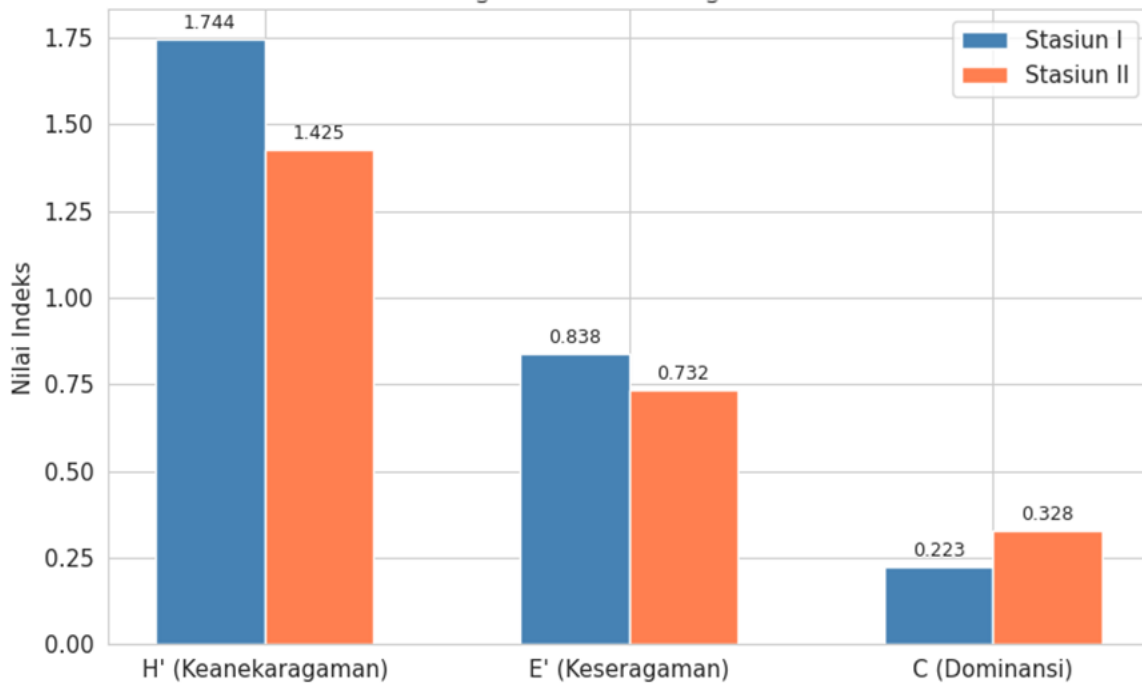
Struktur Komunitas: Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi

Analisis indeks ekologi yang dihitung ulang menggunakan formula Shannon-Wiener, Pielou, dan Simpson (Gambar 2) menunjukkan pola yang konsisten dengan temuan kelimpahan. Indeks keanekaragaman (H') tercatat sebesar 1,74 pada Stasiun I dan 1,43 pada Stasiun II. Kedua nilai ini berada pada kategori sedang, yang mencerminkan kapasitas ekosistem mangrove Kladufu dalam menopang variasi spesies, meskipun berada dalam koridor aktivitas manusia.

Namun, indeks keseragaman (E') yang dihitung sebagai $E' = H'/\ln(S)$ memberikan gambaran lebih kritis: 0,84 untuk Stasiun I dan 0,73 untuk Stasiun II. Meskipun secara numerik masih di atas ambang batas "tinggi"



Gambar 1. Kelimpahan Spesies di setiap Stasiun



Gambar 2. Perbandingan indeks Ekologi antar Stasiun

($E' > 0,6$), distribusi individu antarspesies di Stasiun II menunjukkan ketimpangan yang lebih nyata, ditandai oleh dominasi *A. fasciata* yang melebihi separuh total tangkapan.

Indeks dominansi Simpson (C) memperkuat interpretasi tersebut. Nilai $C = 0,22$ pada Stasiun I mengindikasikan tidak adanya spesies yang mendominasi secara berlebihan. Sebaliknya, Stasiun II mencatat $C = 0,33$, dengan kontribusi terbesar berasal dari *A. fasciata*. Meskipun belum mencapai ambang dominansi kuat ($C > 0,5$), tren peningkatan dominansi di Stasiun II patut diwaspadai sebagai indikator awal penyederhanaan struktur komunitas akibat tekanan habitat.

Parameter Fisika-Kimia Perairan dan Implikasinya

Kondisi lingkungan perairan yang terukur selama penelitian menunjukkan variasi yang relevan dengan dinamika komunitas ikan (Tabel 2). Suhu perairan berkisar $29-30^{\circ}\text{C}$ dan pH $7,12-7,67$, yang masih berada dalam kisaran toleransi fisiologis bagi sebagian besar ikan estuari dan juvenil spesies karang-lamun.

Perbedaan salinitas yang signifikan (30‰ di Stasiun I vs. 20‰ di Stasiun II) mencerminkan pengaruh input air tawar dari aliran sungai dan pola pasang surut. Variasi ini secara langsung memengaruhi distribusi spesies: *M. cephalus* yang lebih toleran terhadap salinitas tinggi terkonsentrasi di

Stasiun I, sementara *A. fasciata* yang memiliki plastisitas osmoregulasi lebih luas mendominasi zona muara di Stasiun II. Substrat lumpur yang konsisten di kedua stasiun menyediakan habitat bentik yang sesuai bagi spesies demersal seperti *Upeneus vittatus* dan *Sillago analis*.

Tekanan Antropogeni

Dinamika struktur komunitas ikan di Kawasan Kladufu sangat dipengaruhi oleh gradien tekanan antropogenik yang berlangsung di sekitar ekosistem mangrove. Alih fungsi lahan mangrove menjadi permukiman di sekitar Stasiun II telah menurunkan kompleksitas struktural habitat, terutama melalui hilangnya arsitektur perakaran pneumatofor yang berfungsi sebagai refugia dari tekanan predasi, serta berkurangnya input detritus mangrove yang merupakan sumber karbon organik utama bagi jaring-jaring makanan bentik. Degradasi tutupan vegetasi ini secara langsung mengancam fungsi ekologis mangrove sebagai *nursery ground*, dengan mengurangi ketersediaan substrat kompleks dan naungan yang kritis bagi rekrutmen dan kelangsungan hidup juvenil ikan estuari.

Entransi limbah domestik yang tidak terkelola, dikombinasikan dengan alterasi pola sirkulasi air tawar akibat perubahan tutupan lahan, berpotensi memicu deviasi parameter

kualitas air secara kronis. Kondisi tersebut dapat menurunkan kapasitas penyangga perairan terhadap beban organik, memicu kondisi hipoksia, serta mengakumulasi senyawa reduktif seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan amonia dari dekomposisi anaerobik substrat lumpur. Tekanan lingkungan ini menciptakan selektivitas ekologis yang menguntungkan takson dengan plastisitas fisiologis tinggi (*eurihalin dan euryoxic*), sementara spesies stenohalin atau yang bergantung pada kondisi habitat spesifik cenderung mengalami penurunan kelimpahan. Pergeseran komposisi ini tidak hanya mengindikasikan degradasi habitat, tetapi juga berpotensi mengurangi keberlanjutan stok ikan yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis penting bagi perikanan pesisir setempat.

Meskipun nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman yang terhitung masih berada dalam kisaran kategori sedang, tren degradasi tutupan mangrove dan intensifikasi tekanan antropogenik berisiko mempercepat simplifikasi struktur komunitas ikan menuju kondisi yang didominasi oleh takson toleran gangguan dengan diversitas fungsional rendah. Tanpa intervensi pengelolaan yang tepat, fungsi ekologis mangrove sebagai nursery dan feeding ground bagi komunitas ikan estuari di Distrik Sorong Timur akan semakin terfragmentasi. Oleh karena itu, rehabilitasi struktur vegetasi mangrove, penegakan tata ruang kawasan pesisir, serta implementasi pengelolaan limbah berbasis partisipasi masyarakat perlu diintegrasikan dalam kerangka pengelolaan perikanan berbasis ekosistem (*Ecosystem-Based Fisheries Management*) untuk menjamin keberlanjutan fungsi habitat dan produktivitas perikanan pesisir di kawasan tersebut.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa struktur komunitas ikan pada ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu sangat responsif terhadap gradien salinitas dan tekanan antropogenik. Sepuluh spesies ikan berhasil teridentifikasi, dengan pola dominasi yang bergeser secara spasial: Mugil cephalus mendominasi pada zona mangrove yang lebih terbuka dan bersalinitas tinggi (30‰), sedangkan Aurigequala fasciata mendominasi secara mutlak pada zona muara yang

berdekatan dengan permukiman dan menerima masukan air tawar lebih besar (20‰). Penurunan tutupan vegetasi dan masukan limbah domestik di Stasiun II telah menurunkan kompleksitas struktural habitat, yang tercermin dari nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman yang cenderung rendah serta peningkatan dominansi spesies toleran gangguan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa fungsi ekologis mangrove sebagai nursery ground dan feeding ground telah mengalami fragmentasi. Oleh karena itu, restorasi vegetasi mangrove, pengendalian alih fungsi lahan, serta penerapan pengelolaan perikanan berbasis ekosistem (*Ecosystem-Based Fisheries Management*) menjadi langkah strategis yang mendesak untuk memulihkan keseimbangan komunitas ikan dan menjamin keberlanjutan sumber daya perikanan pesisir di Distrik Sorong Timur.

REFERENSI

- Allen, G.R. (1999) *A field guide for anglers and divers: Marine fishes of South-East Asia*. Singapore: Periplus Editions.
- Alongi, D.M. (2008) "Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change," *Estuarine, coastal and shelf science*, 76(1), hal. 1–13.
- Barbier, E.B. et al. (2011) "The value of estuarine and coastal ecosystem services," *Ecological Monographs*, 81(2), hal. 169–193. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>.
- Blaber, S.J.M. (2007) *Fish and fisheries in tropical estuaries*. Dordrecht: Springer.
- Ilman, M. et al. (2016) "A historical analysis of the drivers of loss and degradation of Indonesia's mangroves," *Land Use Policy*, 54, hal. 448–459. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.010>.
- Kamler, E. (1992) *Early life history of fish: An energetics approach*. London: Chapman & Hall. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-2348-8>.
- Kathiresan, K. dan Bingham, B.L. (2001) "Biology of mangroves and mangrove ecosystems."
- Kordi, K.M.G.H. (2009) *Mengenal, mengelola, dan melestarikan ekosistem pesisir*.

- Bandung: PT Rineka Cipta.
- Krebs, C.J. (1989) *Ecological methodology*. New York: Harper & Row.
- Lee, S.Y. *et al.* (2014) “Better restoration policies are needed to conserve mangrove ecosystems,” *Nature Geoscience*, 7(12), hal. 870–872. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1038/ngeo2293>.
- Nagelkerken, I. *et al.* (2008) “The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review,” *Aquatic Botany*, 89(2), hal. 155–185. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.007>.
- Odum, E.P. (1993) *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi Ketii. Diedit oleh T.T. Samingan. Yogyakarta. [Indonesian]: Universitas Gadjah Mada Press.
- Omori, M. dan Ikeda, T. (1992) *Methods in marine zooplankton ecology*. Malabar, Florida: Krieger Publishing Company.
- Polidoro, B. *et al.* (2010) “The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern,” *Plos One*, 5(4), hal. e10095. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010095>.
- Richards, D.R. dan Friess, D.A. (2016) “Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(2), hal. 344–349. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1073/pnas.1510272113>.
- Sorong, D.K. dan P.K. (2012) *Laporan Akhir: Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Kota Sorong*. Sorong.
- Tabalessy, R. (2014) *Pengelolaan Ekosistem Mangrove Di Kota Sorong Provinsi Papua Barat*. Universitas Sam Ratulangi.