

Perbandingan Ekosistem Sungai, Estuari, dan Laut Melalui Pengamatan Lapang

Debby Novelina Riyadi^{1*}, Ahmad Faisal Hamdi Hakim²⁾, Anita Diah Pahlewi³⁾,
Yuni Kartika Dewi⁴⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kelautan, Universitas Abdurachman Saleh Situbondo,
Situbondo

⁴Program Studi Biologi, Universitas Abdurachman Saleh Situbondo, Situbondo

*Email: decdebbynr@gmail.com

Received : Jan 12, 2026 / Accepted : Apr 19, 2026 / Published : Jun 07, 2026

Abstract

This study aims to analyze differences in water quality characteristics among river, estuarine, and marine ecosystems and to examine their relationship with the presence of aquatic organisms. The main problem addressed is how variations in physical and chemical parameters influence ecosystem conditions and organism distribution. This research employed a quantitative approach with a descriptive-comparative design. Primary data were collected through in situ measurements at three sampling locations representing river, estuary, and marine ecosystems using a 5-in-1 Water Quality Tester. The parameters measured included temperature, pH, Total Dissolved Solids (TDS), and salinity, complemented by field observations of environmental characteristics and aquatic organisms. The results indicate clear differences in water quality parameters among ecosystems. TDS and salinity values show a consistent increase from river to estuary and marine environments, while pH and temperature exhibit relatively minor variations. These differences reflect a gradient of water quality from freshwater to marine systems, which directly affects the types of organisms present in each ecosystem. In conclusion, the study confirms that water quality parameters play a crucial role in shaping ecosystem characteristics and organism distribution. These findings contribute to environmental management practices by providing baseline information for monitoring and conservation of aquatic ecosystems, particularly in coastal and transitional areas.

Keywords: *Aquatic ecosystems; Water quality; River; Estuary; Marine*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan karakteristik kualitas air pada ekosistem sungai, estuari, dan laut serta mengkaji keterkaitannya dengan keberadaan organisme akuatik. Permasalahan utama yang dikaji adalah bagaimana variasi parameter fisik dan kimia memengaruhi kondisi ekosistem dan distribusi organisme. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif-komparatif. Data yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan pada tiga lokasi yang mewakili ekosistem sungai, estuari, dan laut menggunakan alat 5-in-1 *Water Quality Tester*. Parameter yang diukur meliputi suhu, pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan salinitas, serta dilengkapi dengan observasi organisme dan kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik kualitas air antar ekosistem. Nilai TDS dan salinitas menunjukkan peningkatan dari ekosistem sungai menuju estuari dan laut, sedangkan pH dan suhu menunjukkan variasi yang relatif kecil. Perbedaan tersebut mencerminkan adanya gradien kualitas air dari perairan tawar ke perairan laut yang memengaruhi jenis organisme yang ditemukan. Organisme air tawar mendominasi sungai, organisme dengan kemampuan adaptasi tinggi ditemukan di

estuari, dan organisme yang toleran terhadap salinitas tinggi ditemukan di laut. Kesimpulannya, kualitas air berperan penting dalam menentukan karakteristik ekosistem dan distribusi organisme akuatik. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengelolaan dan pemantauan kualitas perairan serta mendukung upaya konservasi ekosistem perairan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, kajian komparatif lintas ekosistem masih relevan untuk menutup celah informasi mengenai perubahan gradien lingkungan dari perairan tawar menuju perairan laut.

Kata Kunci: Ekosistem perairan; Kualitas air; Sungai; Estuari; Laut

1. PENDAHULUAN

Kualitas lingkungan akuatik pada ekosistem sungai, estuari, maupun laut penting diteliti karena dinamika parameter fisik-kimia perairan secara langsung mempengaruhi daya adaptasi, persebaran, hingga kelangsungan hidup organisme di dalamnya. Konsep kualitas air diwakili parameter biologi, kimia, dan fisika yang menentukan kelayakan suatu lingkungan untuk kehidupan organisme akuatik. Pada skala global, penurunan kualitas air sering kali berkorelasi erat dengan pergerakan hidrologi pesisir, pertemuan massa air, alih fungsi lahan, serta tekanan akibat aktivitas manusia yang akhirnya merubah kondisi oksigen terlarut, TDS, salinitas, pH, dan suhu. Menurut [1] menetapkan bahwa integritas komponen di dalam kolom air ekosistem sungai sangat dikontrol oleh parameter kunci seperti TDS, salinitas, pH, dan suhu.

Mengacu pada riset [2] penentuan kelayakan habitat akuatik dan status mutu perairan estuari mutlak membutuhkan evaluasi terpadu dari aspek biologi, kimia, maupun fisika. Sejalan dengan hal itu, analisis [3] di Muara Sungai Bondet mengonfirmasi adanya penyusutan mutu air yang digerakkan oleh faktor Pb, TSS, serta salinitas, sehingga wilayah tersebut berstatus cemaran sedang menurut metode STORET dan cemaran ringan berbasis indeks pencemaran. Lebih jauh, [4] menegaskan bahwa fluktuasi kadar garam menjadi atribut paling menonjol pada kawasan muara akibat benturan air tawar dan laut, yang menjadikan parameter ini sangat krusial dalam membedah sifat estuari. Studi [5] yang lebih terpusat pada dinamika percampuran massa air estuari dengan memanfaatkan indikator arus, salinitas, suhu, serta instrumen fisis lainnya. [6] menyoroti pentingnya pendekatan kontekstual dalam memantau wilayah pesisir karena mutu perairannya rentan mengalami pergeseran dimensi spasial dan temporal sebagai respons terhadap tekanan lingkungan serta pergantian musim. Penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai

bagaimana perbedaan parameter mutu air di laut, estuari, dan sungai, sekaligus menguraikan korelasinya dengan eksistensi makhluk akuatik. Rumusan masalah berfokus pada wujud perbedaan nilai suhu, salinitas, pH, dan TDS di ketiga ekosistem tersebut, serta relasinya dengan variasi biota yang diamati, dengan hipotesis utama bahwa karakteristik perairan yang berbeda antar ekosistem akan mengendalikan keragaman organisme yang dapat bertahan hidup di sana.

Riset ini mengoperasionalkan variabel kualitas air menggunakan empat indikator yakni suhu, salinitas, pH, dan TDS, mengingat keempatnya sangat representatif dalam mendiferensiasikan sifat perairan laut, payau, serta tawar. Besaran TDS merefleksikan total partikel padat terlarut berupa ion, garam, dan mineral, sementara salinitas menjadi garis batas fundamental yang mengategorikan tipe air sungai, estuari, dan laut. Lebih lanjut, keseimbangan asam-basa (pH) bertindak sebagai pengendali proses fisiologis makhluk hidup perairan, di saat yang sama suhu mengendalikan kapasitas oksigen terlarut, laju metabolisme, serta aktivitas biologis organisme. Pengukuran langsung di lapangan sesuai dengan praktik penelitian kualitas air mutakhir yang menggunakan *multiparameter probe* untuk merekam suhu, pH, TDS, salinitas, dan konduktivitas secara *in situ* [7,8]. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan kualitas air di ketiga ekosistem tersebut sehingga dapat memetakan korelasi antara kondisi lingkungan dengan ragam biota yang menempatinya. Pada akhirnya, kapabilitas pemantauan ekologis berbasis observasi lapangan dan proses pembelajaran akademik diharapkan dapat semakin kokoh berkat temuan penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menerapkan desain kuantitatif melalui pendekatan deskriptif-komparatif untuk membandingkan karakteristik kualitas air di lingkungan sungai, estuari, dan laut. Riset ini mengumpulkan data primer melalui pengukuran langsung di lapangan. Pengumpulan data kualitas air metode observasi lapangan memakai instrumen pengukuran 5-in-1 *Water Quality Tester* (EZ9909) untuk melihat nilai suhu, pH, TDS, salinitas, serta konduktivitas listrik. Pengamatan ini juga melakukan pemantauan visual untuk mendokumentasikan warna air, tipe substrat, dan keanekaragaman organisme pada tiap lokasi pengamatan. Sampling dilakukan pada tiga titik utama yang yaitu stasiun

sungai, stasiun estuari, dan stasiun laut. Koordinat lokasi sampling ditampilkan pada Tabel 1, Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3. Selain alat untuk mengukur parameter kualitas air, penelitian ini juga menggunakan alat dan bahan sebagai berikut: a) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) adalah media pencatatan sistematis b) Wadah/ember sampel adalah media sementara untuk mengamati organisme secara lebih dekat tanpa mengganggu habitat aslinya dalam waktu lama c) Kamera atau telepon genggam digunakan untuk dokumentasi visual d) Alat tulis untuk mencatat setiap temuan yang ada di lapangan e) Air bersih untuk membersihkan *probe* yang ada di sisa sampel air f) Tisu untuk mengeringkan alat.

Tahap persiapan dilakukan sebelum pengambilan data di lapangan. Pada tahap ini dilakukan diskusi untuk menentukan lokasi penelitian, parameter yang akan diukur, serta alat yang akan digunakan. Pengambilan data dilakukan secara langsung di lapangan pada masing-masing lokasi penelitian. Parameter yang diukur meliputi suhu, pH, TDS, dan salinitas. Selain pengukuran parameter fisik dan kimia, dilakukan pula observasi terhadap kondisi lingkungan, seperti warna air dan jenis substrat, serta identifikasi organisme yang ditemukan di lokasi penelitian.

Tabel 1. Koordinat Lokasi Ekosistem Sungai, Estuari, dan Laut

No.	Ekosistem	Koordinat Lokasi
1.	Sungai	7°42'47.8"S 113°59'39.6"E
2.	Estuari	7°39'40.7"S 113°57'58.1"E
3.	Laut	7°39'49.6"S 113°57'52.0"E



Gambar 1. Koordinat Lokasi Ekosistem Sungai



Gambar 2. Koordinat Lokasi Ekosistem Estuari

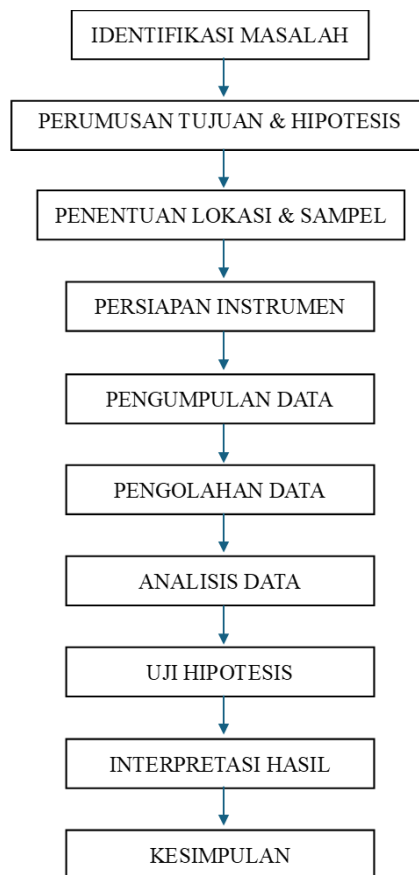


Gambar 3. Koordinat Lokasi Ekosistem Laut

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dan komparatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan nilai rata-rata, minimum, dan maksimum dari masing-masing parameter kualitas air pada setiap ekosistem. Selain itu, analisis komparatif dilakukan untuk membandingkan perbedaan parameter kualitas air antara ekosistem sungai, estuari, dan laut. Parameter yang dianalisis meliputi *Total Dissolved Solids* (TDS), pH, salinitas, dan suhu. Perbandingan dilakukan dengan melihat perbedaan nilai antar ekosistem, selisih, serta kecenderungan peningkatan atau penurunan setiap parameter. Hasil pengukuran kemudian dikaitkan dengan organisme yang ditemukan pada setiap lokasi untuk menjelaskan hubungan antara karakteristik kualitas air dan keberadaan biota akuatik.

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alur untuk menggambarkan bahwa penelitian dimulai dari identifikasi masalah, perumusan tujuan dan hipotesis, penentuan lokasi, pengumpulan data lapangan, analisis data, hingga penarikan kesimpulan (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram Teknik Analisis Data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui pengukuran langsung pada tiga ekosistem perairan, yaitu sungai, estuari, dan laut. Pengambilan data dilakukan pada satu titik di masing-masing ekosistem menggunakan alat *Water Quality Tester EZ9909* untuk mengukur parameter suhu, pH, *Total Dissolved Solids (TDS)*, dan salinitas. Selain itu, dilakukan observasi terhadap kondisi fisik lingkungan seperti warna air dan jenis substrat, serta identifikasi organisme yang ditemukan di lokasi penelitian. Pada wilayah laut dan pesisir, tingginya salinitas dan TDS menjadi faktor pembatas bagi organisme yang tidak

memiliki mekanisme osmoregulasi memadai [9,10,11,12]. Hasil pengukuran parameter kualitas air pada ketiga ekosistem disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan pada Ekosistem Sungai, Estuari, Laut

No.	Parameter	Ekosistem Sungai	Ekosistem Estuari	Ekosistem Laut
1.	TDS (dalam ppm)	180 ppm	1.872 ppm	90.688 ppm
2.	pH	6,47	5,52	5,66
3.	Salinitas	168 atau 0,01%	1.876 atau 0,18%	11.130 atau 1,12%
4.	Suhu	28°C	33°C	32,1°C
5.	Warna	Keruh Kecoklatan	Coklat Susu	Biru
6.	Substrat	Batu, Pasir	Batu, Lumpur	Batu, Pasir, Karang
7.	Organisme yang ditemukan	Keong, Ikan Gupi	Kepiting Biola, Burung Kuntul, Ikan	Kerang-kerangan, Ikan

Data yang ditunjukkan Tabel 2 membuktikan perbedaan karakteristik kualitas air pada tiap tipe ekosistem. Ekosistem sungai menunjukkan nilai TDS dan salinitas paling rendah dari ketiga ekosistem yaitu 180 ppm dan 168 ppm. Sebaliknya, wilayah laut menunjukkan nilai tertinggi untuk kedua indikator tersebut yaitu 90.688 ppm dan 11.130 ppm. Zona estuari merepresentasikan fase transisi dengan nilai parameter yang berfluktuasi di antara kedua batas ekstrem itu. Pola perubahan ketiga ekosistem terkait perbedaan nilai parameter ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pola Perubahan Tiga Ekosistem

No.	Parameter	Sungai	Estuari	Laut	Pola Perubahan
1.	TDS (dalam ppm)	180 ppm	1.872 ppm	90.688 ppm	Meningkat dari Sungai ke Laut
2.	pH	6,47	5,52	5,66	Menurun dari Sungai ke Estuari
3.	Salinitas	168 atau 0,01%	1.876 atau 0,18%	11.130 atau 1,12%	Meningkat dari Sungai ke Laut
4.	Suhu	28°C	33°C	32,1°C	Lebih Tinggi pada Estuari dan Laut

Data menunjukkan kenaikan nilai rata-rata TDS dari arah sungai menuju laut. Nilai TDS pada sungai sebesar 180 ppm meningkat menjadi 1.872 ppm pada estuari dan mencapai 90.688 ppm pada ekosistem laut. Pola ini menunjukkan bahwa kandungan zat terlarut semakin tinggi seiring perubahan ekosistem dari perairan tawar menuju perairan laut. Peningkatan TDS tersebut sejalan dengan peningkatan salinitas, yaitu dari 0,01%

pada sungai menjadi 0,18% pada estuari dan 1,12% pada laut. Dengan demikian, TDS dan salinitas menjadi parameter utama yang membedakan karakteristik ketiga ekosistem.

Pengukuran lapangan juga membuktikan suhu lingkungan estuari dan laut mencatatkan angka lebih besar ketimbang habitat sungai. Suhu tertinggi ditemukan pada estuari sebesar 33°C, diikuti laut sebesar 32,1°C dan sungai sebesar 28°C. Perbedaan suhu tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi keterbukaan lokasi, intensitas cahaya matahari, kedalaman perairan, serta karakter substrat.

Indikator pH berada pada rentang 6,47 sampai 5,66. Ekosistem sungai memiliki pH tertinggi, yaitu 6,47, sedangkan estuari memiliki pH terendah, yaitu 5,52. Nilai pH menunjukkan bahwa ketiga ekosistem berada pada kondisi cenderung asam hingga mendekati netral. Menurut [13], pada umumnya perairan laut maupun pesisir memiliki pH relatif lebih stabil dan berada dalam kisaran yang sempit, biasanya berkisar antara 7,6 – 8,3 yang berarti bersifat basa atau disebut alkali, di mana dalam kondisi tertentu nilainya dapat berubah menjadi lebih rendah sehingga menjadi bersifat asam dan turunnya kadar pH air laut dapat diakibatkan kenaikan penyerapan karbon dioksida (CO₂) di atmosfer yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia. Nilai pH di bawah 7 menunjukkan bahwa larutan bersifat asam [14].

Perbedaan parameter kualitas air tersebut berhubungan dengan jenis organisme yang ditemukan pada masing-masing ekosistem. Pada ekosistem sungai, rendahnya TDS dan salinitas mendukung keberadaan organisme air tawar seperti ikan gupi dan keong. Pada ekosistem estuari, kondisi salinitas yang lebih tinggi dan lingkungan yang fluktuatif mendukung keberadaan organisme yang memiliki kemampuan adaptasi lebih baik, seperti mangrove dan kepiting biola. Sementara itu, ekosistem laut yang memiliki TDS dan salinitas tertinggi mendukung organisme yang toleran terhadap kadar garam tinggi, seperti kerang dan ikan laut.

Berdasarkan hasil analisis deskriptif-komparatif, hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan karakteristik kualitas air antara ekosistem sungai, estuari, dan laut didukung oleh data pengukuran. Perbedaan tersebut terutama terlihat pada parameter TDS dan salinitas yang menunjukkan pola peningkatan dari sungai menuju laut. Hal ini

sesuai dengan konsep estuari sebagai ekosistem peralihan yang dipengaruhi aliran air tawar, pasang surut, salinitas, dan proses pencampuran massa air.

Nilai salinitas dan TDS yang rendah membuktikan dominasi massa air tawar dengan kandungan mineral rendah pada ekosistem sungai mendukung kelangsungan hidup organisme spesifik seperti Ikan Gupi (*Poecilia reticulata*) dan Keong Air Tawar (Ketuyung). Organisme yang hidup di ekosistem sungai umumnya memiliki adaptasi terhadap arus air dan kondisi lingkungan yang relatif stabil, seperti kemampuan berenang melawan arus dan menempel pada substrat. Ikan Guppy dan Ketuyung yang ditemukan dalam pengambilan sampel di lapang ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Ikan Gupi atau *Poecilia reticulata*



Gambar 6. Keong Air Tawar atau Ketuyung

Pada ekosistem estuari, kondisi lingkungan yang fluktuatif menyebabkan hanya organisme tertentu yang mampu bertahan di ekosistem ini. Keberadaan vegetasi mangrove dan krustasea pada substrat berlumpur juga selaras dengan laporan bahwa ekosistem mangrove menyediakan habitat penting bagi krustasea dan organisme benthik

[15]. Pada penelitian ini ditemukan mangrove (*Sonneratia alba*) seperti pada Gambar 7 dan Kepiting Biola (Gambar 8) yang menunjukkan kemampuan adaptasi tinggi terhadap perubahan lingkungan. Mangrove memiliki sistem perakaran khusus yang memungkinkan bertahan pada substrat berlumpur dan kondisi oksigen rendah, sedangkan kepiting biola berperan dalam proses *bioturbasi* yang membantu sirkulasi udara dalam tanah.



Gambar 7. *Sonneratia alba*



Gambar 8. Kepiting Biola

Selain itu, organisme estuari umumnya memiliki kemampuan osmoregulasi untuk menyesuaikan tekanan osmotik akibat perubahan salinitas. Kemampuan ini penting untuk

mempertahankan keseimbangan internal tubuh organisme dalam kondisi lingkungan yang berubah. Oleh karena itu, ekosistem estuari dikenal sebagai lingkungan dengan tingkat adaptasi biologis yang tinggi, di mana organisme harus mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi fisik dan kimia secara dinamis.

Lingkungan laut yang memiliki kadar garam tinggi, arus yang kuat, serta kondisi fisik yang dinamis menuntut organisme untuk memiliki kemampuan adaptasi yang lebih kompleks. Laut menunjukkan angka salinitas dan TDS yang maksimal. Besaran ini merepresentasikan konsentrasi mineral dan garam yang sangat pekat di kolom air. Kondisi ekstrem ini menuntut setiap biota laut memiliki kapabilitas adaptasi fisiologis terhadap kadar garam yang tinggi. Organisme laut seperti Kerang (Gambar 9) memiliki mekanisme fisiologis untuk mengatur keseimbangan ion dan tekanan osmotik dalam tubuhnya. Selain itu, struktur tubuh organisme laut juga berperan dalam menghadapi tekanan lingkungan yang tinggi.



Gambar 9. Kerang Laut Hasil Tangkapan

4. KESIMPULAN

Riset ini membuktikan perbedaan karakteristik kualitas air pada ekosistem sungai, estuari, dan laut. Perbedaan mencolok terlihat pada nilai salinitas dan *Total Dissolved Solids* (TDS), sedangkan indikator suhu dan pH berfluktuasi landai. Perbedaan parameter fisik dan kimia ini secara langsung menyeleksi ragam organisme penempat habitat. Pada

ekosistem sungai, mendukung keberadaan organisme air tawar seperti Ikan Gupi dan Keong. Pada ekosistem estuari, kondisi salinitas yang lebih tinggi dan lingkungan yang fluktuatif mendukung keberadaan organisme yang memiliki kemampuan adaptasi lebih baik, seperti mangrove dan Kepiting Biola. Sementara itu, ekosistem laut yang memiliki TDS dan salinitas tertinggi mendukung organisme yang toleran terhadap kadar garam tinggi, seperti Kerang dan Ikan Laut.

REFERENSI

- [1] S. Yolanda et al., “Karakteristik kualitas air pada ekosistem sungai,” *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: <https://doi.org/10.2641/jtlb.v11i2.67133>.
- [2] R. H. Melo, E. Alfin, and A. S. Niode, “Water Quality River Estuary of Batang Hari, Musi Banyuasin District, the Province of South Sumatera,” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 5, pp. 2860–2870, 2024, doi: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.6223>.
- [3] S. Wahyuningsih, “Assessment of Water Quality Status in Bondet Estuary, Cirebon,” *Tomini Journal of Aquatic Science*, vol. 2, no. 2, pp. 50–60, 2021, doi: <https://doi.org/10.37905/tjas.v2i2.13605>.
- [4] A. Z. Haidar, G. Handoyo, and E. Indrayanti, “Sebaran Salinitas secara Horizontal di Muara Sungai Bondet Cirebon, Jawa Barat,” *Journal of Marine Research*, vol. 10, no. 2, pp. 275–280, 2021, doi: <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.30461>.
- [5] T. Rahmadhanti, Suwarsono, and Supiyati, “Identifikasi Tipe Percampuran Berdasarkan Karakteristik Parameter Fisis pada Musim Timur dan Musim Peralihan II di Muara Sungai Seluma,” *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 25, no. 2, 2023, doi: <https://doi.org/10.56064/jps.v25i2.761>.
- [6] A. Mustafa et al., “Temporal and Spatial Analysis of Coastal Water Quality to Support Application of Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei* Intensive Pond Technology,” *Sustainability*, vol. 14, no. 5, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/su14052659>.
- [7] A. E. Akinnigbagbe, S. O. Popoola, O. O. Oyatola, E. K. Oghenede, and O. A. Nubi, “Spatiotemporal patterns of water quality, nutrient dynamics and chlorophyll a concentrations in Five Cowries Creek from 2022 to 2024,” *Discover Water*, vol. 5, Art. 63, 2025, doi: <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00257-3>.
- [8] M. Mohinuzzaman et al., “Water quality and fluorescent dissolved organic matter dynamics of Dhaleshwari River,” *Frontiers in Water*, vol. 7, Art. 1507254, 2025, doi: <https://doi.org/10.3389/frwa.2025.1507254>.
- [9] H. Surbakti et al., “Kontribusi Massa Air Tawar Estuari,” *Positron*, 2021, doi: <https://doi.org/10.26418/positron.v12i1.53035>.
- [10] N. V. Hidayati et al., “Water Quality and Pollution Level in Plawangan Barat, Segara Anakan Lagoon,” *Omni-Akuatika*, vol. 19, no. 2, 2023, doi: <https://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2023.19.2.1045>.

- [11] A. Muhtadi, R. Leidonald, A. Fadhilah, R. Mukra, and D. M. C. Nasution, “Water Quality Dynamics and Water Pollutions of Belawan Estuary, North Sumatra, Indonesia,” *Indonesian Journal of Limnology*, vol. 6, no. 1, 2025, doi: <https://doi.org/10.51264/inajl.v6i1.80>.
- [12] D. Chilton, D. P. Hamilton, I. Nagelkerken, P. Cook, M. R. Hipsey, R. Reid, M. Sheaves, N. J. Waltham, and J. Brookes, “Environmental Flow Requirements of Estuaries: Providing Resilience to Current and Future Climate and Direct Anthropogenic Changes,” *Frontiers in Environmental Science*, vol. 9, Art. 764218, 2021, doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.764218>.
- [13] M. Safitri dan M.R. Putri, “Kondisi Keasaman (pH) Laut Indonesia” (Online), diakses pada 3 Januari 2026, available at [https://digilib.itb.ac.id/assets/files/disk1/453/jbptitbpp-gdl-himpunanma-22609-9-9\]safi-a.pdf](https://digilib.itb.ac.id/assets/files/disk1/453/jbptitbpp-gdl-himpunanma-22609-9-9]safi-a.pdf).
- [14] Y. F. Da Lopez, “Bahan Ajar Kimia (MLK22203/2(1-1)) untuk Program Studi Manajemen Pertanian Lahan Kering. Pusat Pengembangan Pembelajaran dan Penjaminan Mutu (P4M), Politeknik Pertanian Negeri Kupang”, (Online), <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/program-studi/28-matakuliahkimiadasar/kimia-dasar/850-identifikasi-asam-basa>.
- [15] N. Raniah, Henri, and Kurniawan, “On the abundance and occurrence of the mangrove crabs, *Scylla* spp. (Crustacea: Portunidae) from Munjang mangrove, Bangka Belitung Island,” *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, vol. 4, no. 2, pp. 75–82, 2022, doi: <https://doi.org/10.26740/jrba.v4n2.p75-82>.