

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan kawasan strategis yang memiliki potensi sumber daya alam sangat besar dan kompleks, baik secara ekologis, sosial, maupun ekonomi. Namun kawasan ini juga menjadi wilayah paling rentan terhadap degradasi akibat tekanan pembangunan dan perubahan fungsi lahan. Salah satu bentuk pemanfaatan paling menonjol adalah konversi hutan mangrove menjadi lahan tambak. Meskipun pemanfaatan tersebut memberikan keuntungan ekonomi jangka pendek, seringkali berdampak negatif terhadap ekosistem pesisir, termasuk menurunnya kualitas perairan dan meningkatnya laju abrasi pantai (Hurul, 2020).

Menurut Rio Ahmad, Direktur Blue Forests (wawancara, 1 Juli 2025), kasus konversi ekosistem mangrove di Dusun Kuri Caddi, Desa Nisombalia, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, menjadi salah satu contoh nyata dampak negatif tersebut. Pada tahun 1970-an, kawasan ini didominasi oleh hutan mangrove lebat yang merupakan satu kesatuan dengan lanskap mangrove pesisir Makassar. Namun, motif ekonomi melalui target nasional untuk peningkatan produksi udang mendorong konversi lahan mangrove menjadi tambak oleh sejumlah pengusaha. Produksi tambak tersebut tidak sepenuhnya berhasil dan banyak tambak yang akhirnya terbengkalai karena mengalami kolaps ekologis dari hilangnya tutupan mangrove. Akibatnya, kawasan tersebut mengalami degradasi ekologis, ditandai dengan penurunan drastis kualitas perairan tambak tradisional dan lingkungan pesisir secara keseluruhan, yang secara langsung berdampak pada menurunnya produktivitas perikanan tambak serta peningkatan risiko abrasi serta banjir rob.

Menyadari kondisi ini, sekelompok praktisi dan penggiat lingkungan di Sulawesi Selatan mulai membangun kolaborasi dalam upaya rehabilitasi mangrove secara terpadu di tahun 2012. Inisiatif ini dipelopori oleh organisasi seperti Blue Forests (sebelumnya bernama Mangrove Action Project / MAP Indonesia) bekerja sama dengan masyarakat lokal melalui program *Restoring Coastal Livelihoods* (RCL). Program ini tidak hanya menekankan aspek ekologis, tetapi juga mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat pesisir. Dalam program tersebut, Blue Forests berhasil memulihkan sekitar tujuh hektar tambak tidak produktif di Kuri Caddi kembali menjadi ekosistem mangrove melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR). Upaya pemulihan mangrove ini dilakukan dalam upaya pengembangan model pengelolaan mangrove-akuakultur berkelanjutan terpadu yang dijalankan oleh Blue Forests di lokasi tersebut (Rio Ahmad, Direktur Blue Forests, Wawancara pribadi, 1 Juli 2025).

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam menjaga kualitas air perairan pesisir. Akar mangrove yang khas mampu menjaring sedimen, menyerap logam berat dan menguraikan bahan organik serta bahan kimia berbahaya (Lovelock et al., 2015; Kathiresan dan Bingham, 2001; Koostati, 2023). Penurunan tutupan mangrove secara nasional sebesar 261.141 ha selama 2009-2019 (Arifanti et al., 2021) dan estimasi penurunan global sekitar 4,3% dalam dua dekade terakhir (Spalding et al., 2021) menandakan pentingnya intervensi berbasis ekosistem.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa rehabilitasi mangrove tidak hanya mampu memulihkan fungsi ekologis tetapi juga mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal melalui perikanan budidaya yang lebih berkelanjutan. Mukherjee et al. (2020) menegaskan bahwa pendekatan restorasi mangrove berbasis masyarakat dapat memperbaiki kondisi lingkungan perairan sekaligus meningkatkan pendapatan masyarakat melalui praktik budidaya perikanan yang ramah lingkungan dan produktif. Hal ini diperkuat oleh studi dari Das Gupta dan Shawa (2019) yang menemukan bahwa daerah dengan program rehabilitasi mangrove memiliki tingkat produktivitas tambak dan hasil perikanan yang lebih tinggi dibandingkan daerah tanpa tutupan mangrove.

Ekosistem Mangrove memiliki manfaat yang kompleks dalam mendukung kualitas lingkungan dan keberlanjutan budidaya perikanan pesisir. Akar mangrove yang khas, seperti milik *Rhizophora* dan *Avicennia*, berfungsi sebagai biofilter alami yang mampu memperlambat aliran air, menahan sedimen, dan secara aktif menyerap serta menurunkan konsentrasi logam berat seperti Pb, Cd, Hg, dan As dari kolom air dan substrat sedimen (Komiyama et al., 2012; Zhou et al., 2022). Proses ini menciptakan mikrohabitat yang lebih stabil dengan suhu dan salinitas yang lebih terkendali sehingga mendukung pertumbuhan organisme budidaya seperti udang dan ikan. Selain itu, daun mangrove yang gugur akan terdekomposisi menjadi detritus yang

memperkaya perairan dengan nutrisi alami yang dibutuhkan bagi fitoplankton dan zooplankton, yang merupakan rantai makanan dasar dalam tambak (Selviani et al., 2024). Dengan demikian, keberadaan mangrove berkontribusi langsung pada peningkatan produktivitas dan keberlanjutan usaha budidaya perikanan kawasan pesisir.

Situs Belajar Rehabilitasi Mangrove Kuri Caddi menjadi salah satu lokasi pembelajaran dalam upaya pemulihan ekosistem mangrove secara ekologis oleh Blue Forests bersama para pihak. Pendekatan teknis rehabilitasi ini bertujuan untuk memfasilitasi regenerasi alami mangrove dengan mengatasi faktor gangguan sehingga pertumbuhannya stabil sebagai ekosistem. Dalam kurun waktu satu dekade terakhir, kawasan ini mengalami peningkatan tutupan mangrove yang signifikan dari upaya Blue Forests melaksanakan EMR di wilayah tersebut. Citra satelit menunjukkan pertumbuhan mangrove yang stabil sejak rehabilitasi dimulai pada tahun 2014 hingga sekarang. Masyarakat melaporkan berkurangnya abrasi, peningkatan hasil tangkapan kepiting rajungan dan ikan, serta berkurangnya banjir rob (Chandra, 2024).

Menurut Akamaking et al. (2022), kualitas lingkungan perairan sangat dipengaruhi oleh keberadaan dan kondisi ekosistem pesisir termasuk mangrove. Meskipun demikian, penelitian yang secara spesifik mengkaji dan membandingkan dampak variasi tingkat tutupan mangrove (rapat, sedang, rusak) terhadap parameter kualitas air pada saluran inlet tambak tradisional pasca-rehabilitasi *Ecological Mangrove Restoration* (EMR) di Kuri Caddi masih terbatas. Sebagian besar studi cenderung berfokus pada kondisi mangrove secara umum atau dampak konversi, namun belum secara detail mengelaborasi bagaimana gradasi tutupan mangrove yang berbeda (sebagai hasil rehabilitasi) secara kuantitatif memengaruhi parameter fisik, kimia, dan biologis air yang masuk ke tambak. Oleh karena itu, kajian mengenai kualitas perairan di sekitar tambak pada tutupan mangrove yang berbeda menjadi penting dilakukan. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk perencanaan pengelolaan tambak berkelanjutan yang memperhatikan aspek ekologis wilayah pesisir.

Dengan meninjau dinamika perubahan fungsi lahan pesisir, khususnya di Kuri Caddi, maka penting dilakukan kajian mendalam mengenai keterkaitan antara kondisi tutupan mangrove dengan kualitas air tambak. Studi ini bertujuan mendukung upaya konservasi berbasis data ilmiah serta mendorong praktik pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Wilayah pesisir Kuri Caddi telah mengalami degradasi ekosistem mangrove akibat konversi lahan menjadi tambak sehingga berdampak langsung pada penurunan kualitas perairan serta menurunnya produktivitas tambak tradisional. Kerusakan ini mengganggu fungsi ekologis mangrove sebagai penyangga kualitas lingkungan, terutama kemampuannya dalam menjaring sedimen, menyerap logam berat, serta menstabilkan parameter kualitas air seperti suhu, pH, salinitas, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi kualitas air yang memburuk berpotensi menimbulkan stres bagi organisme budidaya, menurunkan tingkat kelangsungan hidup, serta memengaruhi pertumbuhan dan hasil panen. Oleh karena itu, penurunan kualitas air dapat secara langsung berdampak negatif terhadap hasil tambak.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, program rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR) yang dilaksanakan oleh Blue Forests sejak tahun 2012 bertujuan untuk mengembalikan fungsi ekologis mangrove dan memperbaiki kondisi lingkungan perairan di Kuri Caddi, Maros, Sulawesi Selatan. Rehabilitasi ini tidak hanya dipandang sebagai upaya restorasi ekosistem, tetapi juga sebagai variabel kunci yang diuji dalam penelitian ini. Keberhasilannya dalam meningkatkan tutupan mangrove diduga berdampak langsung terhadap peningkatan kualitas air dan produktivitas tambak. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mengetahui:

1. Bagaimana kualitas air pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi, Maros, Sulawesi Selatan dipengaruhi oleh tingkat tutupan mangrove yang berbeda?
2. Bagaimana parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, kekeruhan, pH, DO, BOD, nitrat, nitrit, dan fosfat berkorelasi dengan tingkat tutupan mangrove?
3. Bagaimana kondisi kualitas air pada tambak tradisional ?

4. Apakah program rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat yang dilaksanakan sejak 2012 melalui pendekatan rehabilitasi mangrove ekologis (EMR) dapat memperbaiki kualitas perairan tambak serta berpotensi dalam mendukung terhadap sistem tambak yang berkelanjutan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Menganalisis kondisi kualitas air pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, berdasarkan berbagai tingkat tutupan mangrove.
2. Menganalisis korelasi antara parameter kualitas air, meliputi suhu, salinitas, kekeruhan, pH, oksigen terlarut (DO), Biological Oxygen Demand (BOD), nitrat, nitrit, ortofosfat, dan kelimpahan plankton dengan tingkat tutupan mangrove.
3. Menggambarkan kondisi kualitas air dalam kaitannya dengan pengelolaan tambak tradisional di wilayah Kuri Caddi sebagai informasi pendukung keberlanjutan sistem tambak.
4. Mengevaluasi peran rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat dalam memperbaiki kualitas lingkungan perairan tambak serta potensi dukungannya terhadap sistem tambak yang berkelanjutan.

Dengan menganalisis peran ekosistem mangrove terhadap kualitas air pada tambak tradisional di wilayah pesisir Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Secara khusus, penelitian ini difokuskan pada hubungan antara tingkat tutupan mangrove dan parameter kualitas air di saluran inlet tambak, sebagai faktor penting yang memengaruhi produktivitas tambak.

Pemilihan lokasi Kuri Caddi sebagai objek studi didasarkan pada karakteristiknya yang unik, yaitu sebagai kawasan yang telah mengalami proses rehabilitasi mangrove melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR) selama lebih dari satu dekade. Rehabilitasi ini telah menghasilkan lanskap mangrove yang sehat dengan tingkat tutupan yang bervariasi serta komposisi jenis yang beragam. Keanekaragaman struktur dan fungsi ekologis ini menjadikan Kuri Caddi sebagai laboratorium alam yang representatif untuk mengkaji kontribusi mangrove dalam menjaga kualitas air tambak. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan model pengelolaan tambak yang berwawasan lingkungan di kawasan pesisir lainnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi kualitas air pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi, Kabupaten Maros, berdasarkan perbedaan tingkat tutupan mangrove, sebagai dasar pemahaman hubungan antara ekosistem mangrove dan lingkungan perairan tambak.
2. Menyediakan gambaran mengenai kecenderungan hubungan antara parameter kualitas air (suhu, salinitas, kekeruhan, pH, DO, BOD, nitrat, nitrit, dan fosfat) dengan tingkat tutupan mangrove, yang dapat dimanfaatkan sebagai informasi awal dalam kajian pengelolaan tambak dan ekosistem pesisir.
3. Memberikan dasar ilmiah bagi perumusan kebijakan pengelolaan dan rehabilitasi mangrove yang berorientasi pada perbaikan dan pemeliharaan kualitas lingkungan perairan tambak serta keberlanjutan ekosistem pesisir.
4. Menjadi bahan referensi bagi masyarakat, pengelola tambak, dan pemerintah daerah dalam upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya pesisir yang mempertimbangkan aspek ekologis dan keberlanjutan lingkungan.

1.5 Kerangka Pikir Penelitian

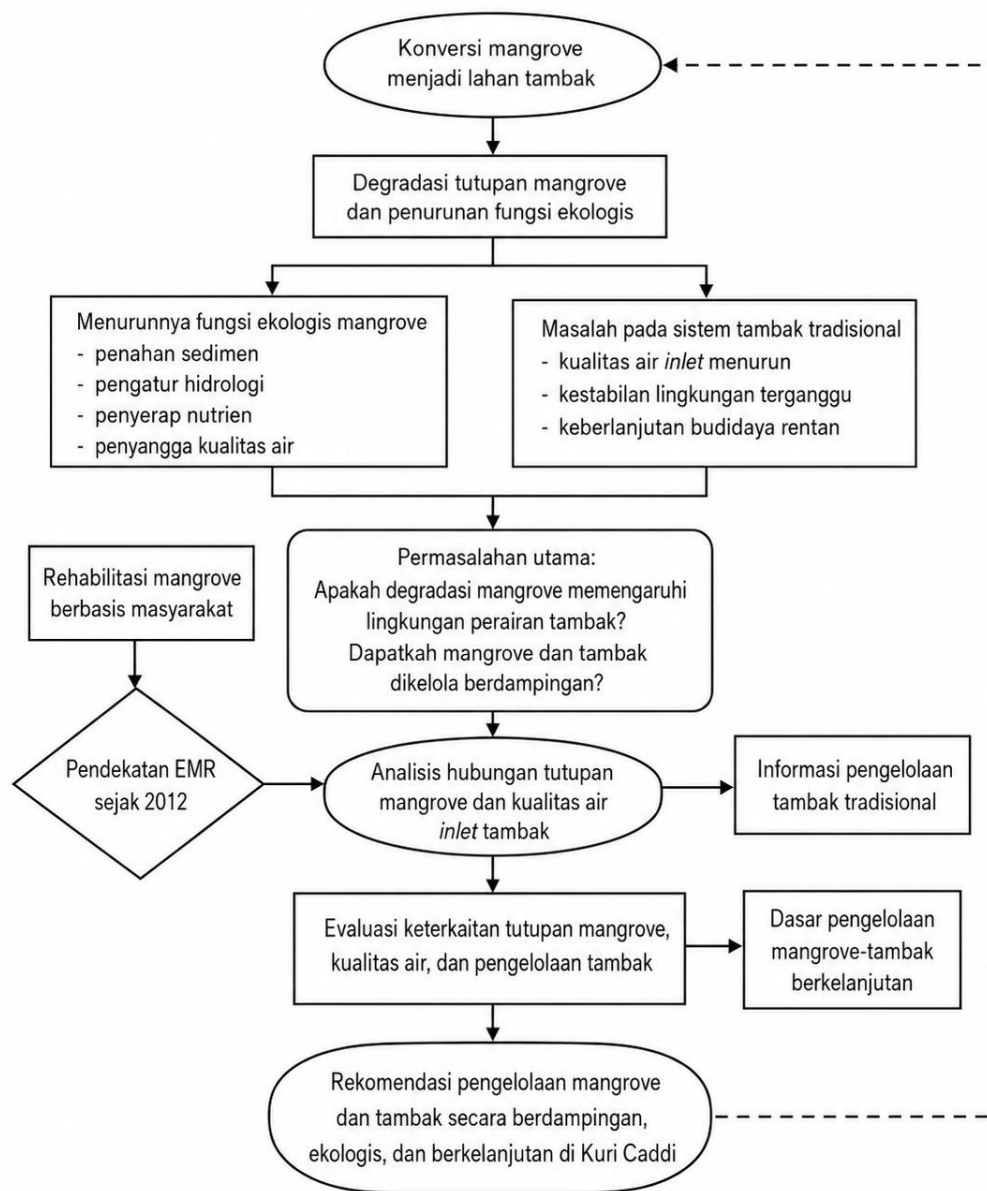
Wilayah pesisir Kuri Caddi mengalami perubahan lanskap akibat konversi mangrove menjadi lahan tambak. Perubahan ini berpotensi menurunkan fungsi ekologis mangrove sebagai penyangga lingkungan pesisir, terutama dalam menjaga kualitas air, menahan sedimen, mengatur dinamika nutrisi, dan mendukung stabilitas ekosistem tambak. Penurunan fungsi tersebut dapat memengaruhi kondisi perairan yang masuk ke tambak melalui saluran inlet, sehingga penting untuk memahami keterkaitan antara kondisi tutupan mangrove dan parameter kualitas air.

Sejak tahun 2012, rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR) telah dilakukan di Kuri Caddi. Proses rehabilitasi ini menghasilkan kondisi tutupan mangrove yang bervariasi, mulai dari tutupan rapat, tutupan sedang, hingga area tanpa mangrove sebagai pembanding. Variasi tutupan tersebut menjadi dasar untuk menganalisis apakah perbedaan kondisi mangrove berkaitan dengan perbedaan kualitas air pada saluran inlet tambak tradisional.

Dalam penelitian ini, tingkat tutupan mangrove ditempatkan sebagai variabel utama yang diduga berhubungan dengan parameter kualitas air, meliputi suhu, salinitas, kekeruhan, pH, oksigen terlarut atau DO, Biochemical Oxygen Demand atau BOD, nitrat, nitrit, fosfat, dan kelimpahan plankton. Hubungan tersebut dianalisis untuk melihat kecenderungan ekologis antara kondisi vegetasi mangrove dan kualitas perairan. Namun, karena sistem perairan pesisir bersifat dinamis, interpretasi hasil juga mempertimbangkan faktor lain seperti pasang surut, waktu pengambilan sampel, sirkulasi air, konektivitas saluran, serta aktivitas pengelolaan tambak.

Selain menganalisis kualitas air, penelitian ini juga mengevaluasi keterkaitan kondisi kualitas air dengan pengelolaan dan hasil produksi tambak tradisional. Produksi tambak tidak dipahami sebagai akibat langsung dari tutupan mangrove semata, melainkan sebagai hasil interaksi antara kualitas lingkungan perairan, praktik teknis budidaya, intensitas input, kesiapan infrastruktur, serta pengalaman pengelola tambak. Oleh karena itu, rehabilitasi mangrove dalam penelitian ini diposisikan sebagai faktor ekologis pendukung yang berpotensi memperkuat stabilitas lingkungan perairan dan keberlanjutan sistem tambak dalam jangka panjang.

Dengan kerangka pikir tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan pemahaman ilmiah mengenai peran mangrove dalam mendukung kualitas air inlet tambak dan memberikan dasar bagi pengelolaan tambak tradisional yang lebih berkelanjutan di kawasan pesisir Kuri Caddi.



Gambar 1 Bagan alir kerangka pikir penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Akamaking, A., Nur, F., & Zakir, M. (2022). Analisis kualitas perairan di kawasan mangrove kabupaten takalar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–56.
- Arifanti, V. B., Murdiyarso, D., & Kauffman, J. B. (2021). Mangrove degradation and deforestation in Indonesia: Historical and contemporary evidence. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, Article 614085. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.614085>
- Chandra, B. (2024). Citra satelit pertumbuhan mangrove kuri caddi tahun 2018–2024. *Blue Forests Indonesia*.
- Dasgupta, R., & Shaw, R. (2019). Participatory mangrove management and impact on livelihood: A study from Indian Sundarbans. *Forests*, 10(10), Article 843. <https://doi.org/10.3390/f10100843>
- Hurul, A. (2020). Kajian dampak konversi mangrove terhadap abrasi pantai. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8(2), 55–66.
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. (2012). Ecology and ecosystem services of mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 4, 401–427. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120710-100656>
- Koostati, D. (2023). Kontribusi Mangrove dalam Menjaga Kualitas Perairan Tambak. *Jurnal Ekosistem Tropis*, 17(2), 89–101.
- Lovelock, C. E., Ball, M. C., Martin, K. C., & Feller, I. C. (2015). Nutrient enrichment increases mortality of mangroves. *PLOS ONE*, 10(3), e0122150. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122150>
- Mukherjee, N., Sutherland, W. J., Khan, M. N. I., Islam, M. A., & Mukul, S. A. (2020). Applying participatory methods to identify ecosystem services and disservices of mangroves: A case study in the Sundarbans. *Ecosystem Services*, 45, Article 101191. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101191>
- Selviani, S., Zamani, N. P., Natih, N. M. N., & Tarigan, N. (2024). Analysis of mangrove leaf litter decomposition rate in mangrove ecosystem of Muara Pagatan, South Kalimantan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1). 1-10. <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i1.21913>
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2021). World atlas of mangroves (2nd ed.). Earthscan/Routledge.
- Zhou, S. J., Lan, Z., Wu, S., Xiang, L., & Xu, J. (2022). Mangrove trace metal biogeochemistry response to global climate change. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, Article 817992. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.817992>

BAB II ANALISIS KUALITAS AIR PADA SALURAN INLET TAMBAK DAN KORELASINYA TERHADAP TUTUPAN MANGROVE YANG BERBEDA

2.1 Abstrak

Wilayah pesisir Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan merupakan kawasan yang mengalami tekanan ekologi akibat konversi mangrove menjadi tambak yang berdampak terhadap penurunan kualitas perairan dan hasil produksi perikanan tambak tradisional. Untuk mengatasi hal tersebut, telah dilakukan program rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat sejak tahun 2012 melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR) oleh Yayasan Hutan Biru dan mangrove berhasil tumbuh secara lebat setelah 10 tahun rehabilitasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran tutupan mangrove terhadap parameter kualitas air pada saluran air tambak tradisional dengan kategori tutupan yang berbeda (rapat, sedang, dan tanpa mangrove) dan menganalisis korelasi di antara dua variabel tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif. Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi fisik (salinitas, suhu, kekeruhan), kimia (pH, DO, BOD, nitrat, nitrit, fosfat), dan biologi (kelimpahan plankton). Analisis data menggunakan korelasi Pearson. Hasil menunjukkan suhu berkisar antara 29.2 – 30.7 °C, salinitas 32 - 37 ppt, kekeruhan 1.48 – 3.13 NTU, pH 7.84 – 8.84, DO 3.6 – 7.0 mg/L, BOD 2.06 – 2.28 mg/L, nitrat (NO₃) 0.16 – 0.25 mg/L, nitrit (NO₂) <0.0063, fosfat (PO₄) 0.02 – 0.21, dan plankton 2.718 – 2.821 sel/mL. Hasil Uji Korelasi Pearson antar parameter kualitas air terhadap tingkat tutupan mangrove ($p > 0.05$) menunjukkan bahwa semua parameter kualitas air tidak memiliki hubungan yang signifikan secara statistik terhadap tingkat tutupan mangrove yang berbeda. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan kisaran nilai parameter kualitas air pada semua lokasi penelitian relatif stabil dan masih berada pada rentang yang dapat diterima untuk lingkungan perairan tambak secara umum.

Kata kunci : Mangrove, rehabilitasi, kualitas air, tambak, EMR

2.2 Pendahuluan

Saluran inlet tambak merupakan jalur utama masuknya air dari perairan pesisir ke dalam sistem budidaya sehingga kondisi fisik-kimia air pada inlet sangat menentukan kualitas air awal yang diterima kolom air tambak. Keberadaan mangrove di sekitar saluran inlet dengan tingkat tutupan/kepadatan yang berbeda dapat memengaruhi karakteristik air yang mengalir menuju tambak melalui mekanisme ekologis dan hidrodinamika di zona mangrove. Secara sintesis, tinjauan ruang lingkup Nugroho et al. (2025) menyimpulkan bahwa mangrove berperan dalam mengatur parameter fisik-kimia tertentu (misalnya suhu, salinitas, dan kandungan oksigen) serta berfungsi sebagai biofilter alami bagi logam berat dan nutrisi di perairan pesisir.

Pada saluran inlet dengan tutupan mangrove padat, struktur perakaran yang kompleks berpotensi meningkatkan penjerapan partikel dan mendorong proses pengendapan menyebabkan kecepatan arus menurun sehingga proses sedimentasi meningkat menyebabkan kekeruhan dan bahan tersuspensi yang masuk ke tambak relatif lebih rendah dibandingkan inlet yang berbatasan dengan mangrove jarang. Dalam literatur ilmiah Asante et al. (2024), kompleksitas akar dan tingginya laju sedimentasi merupakan karakter ekosistem mangrove yang berkaitan dengan proses penumpukan material sedimen (sediment trapping) dan dinamika material tersuspensi. Kondisi ini penting bagi inlet tambak karena padatan tersuspensi dan kekeruhan yang lebih tinggi berisiko mengurangi penetrasi cahaya serta memengaruhi stabilitas kualitas air di tambak, terutama pada fase awal pemasukan air. Tinjauan scoping review Nugroho et al. (2025) tentang dampak ekosistem mangrove terhadap kualitas air menunjukkan bahwa mangrove efektif menurunkan kekeruhan dan meningkatkan kecerahan melalui mekanisme filtrasi fisik dan pengendapan sedimen di zona akar.

Keberadaan mangrove juga berkontribusi pada stabilitas suhu dan salinitas. Kanopi mangrove yang rapat mengurangi fluktuasi suhu harian di permukaan air dan membantu meredam perubahan salinitas ekstrem akibat campuran air tawar dan air laut di kawasan estuari. Studi literatur Nugroho et al. (2025) menegaskan bahwa mangrove berperan mengatur parameter fisikokimia (suhu, salinitas, oksigen terlarut) dan menjaga kestabilan lingkungan perairan pesisir. Bukti empiris hubungan parameter kualitas air dengan kepadatan mangrove juga ditunjukkan pada studi di Estuari Wonorejo, Surabaya. Putra dan Hendrasarie (2022) melaporkan nilai rata-rata beberapa parameter kualitas air (antara lain suhu, kecerahan, kecepatan arus, TSS, pH, salinitas, DO, COD, nitrat, dan fosfat) serta menyatakan bahwa parameter yang berkaitan

dengan kerapatan mangrove mencakup suhu, kecerahan, salinitas, dan COD. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan struktur mangrove (rendah–sedang–tinggi) dapat berasosiasi dengan variasi parameter fisik-kimia yang relevan bagi pengelolaan inlet tambak.

Hal sebaliknya terjadi pada saluran inlet dengan tutupan mangrove jarang atau yang telah banyak dikonversi menjadi tambak dan lahan terbuka. Pada kondisi tersebut, kemampuan zona pesisir untuk menahan sedimen dan menstabilkan parameter fisik dan kimia cenderung menurun karena berkurangnya struktur vegetasi dan fungsi ekosistemnya. Penelitian di muara Wonorejo, Surabaya, menunjukkan bahwa penurunan kerapatan mangrove berkaitan dengan penurunan kualitas air estuari dan peningkatan kategori pencemaran menurut PP No. 22 Tahun 2021. Kondisi ini dapat menjelaskan mengapa pada inlet yang jarang mangrove sering dijumpai kekeruhan yang lebih tinggi. Variabilitas salinitasnya lebih besar, serta fluktuasi temperatur lebih tajam dibandingkan dengan lokasi mangrove padat (Putra dan Hendrasarie, 2022)

Berdasarkan uraian di atas, tutupan/kerapatan mangrove di sekitar saluran inlet dapat dipahami sebagai faktor yang memengaruhi kualitas air masuk tambak melalui dua jalur yang saling terkait: (1) jalur fisik–hidrodinamika (hambatan aliran oleh struktur vegetasi, pengebakan sedimen, dan konsekuensinya terhadap kekeruhan/TSS), serta (2) jalur biogeokimia (retensi dan transformasi senyawa terlarut, termasuk sebagian nutrisi dan polutan tertentu). Pada jalur fisik–hidrodinamika, mangrove diketahui berperan sebagai *sediment trap* yang dapat menurunkan kecepatan aliran pasang-surut dan mendorong pengendapan partikel, terutama pada fase surut. Sementara itu, tinjauan ruang lingkup Nugroho et al. (2025) menegaskan peran mangrove sebagai biofilter alami yang bekerja melalui struktur akar kompleks yang memungkinkan penyerapan/akumulasi serta transformasi berbagai polutan (termasuk logam berat) sehingga berkontribusi terhadap perbaikan kualitas perairan pesisir.

Dukungan empiris mengenai keterkaitan kerapatan mangrove dengan variasi parameter fisik–kimia perairan estuari juga ditunjukkan pada studi Wonorejo, Surabaya. Putra dan Hendrasarie (2022) melaporkan bahwa parameter fisik–kimia yang berhubungan dengan kerapatan mangrove mencakup suhu, kecerahan, salinitas, dan COD, sehingga perubahan tingkat kerapatan berpotensi diikuti perubahan karakteristik air pada lokasi estuari. Karena inlet tambak di wilayah pesisir/estuari sering menunjukkan karakter campuran (air laut–air tawar) dan dinamika pasang surut, maka penilaian hasil pengukuran pada bagian berikutnya perlu mengaitkan (a) perbedaan parameter antar tutupan mangrove, dengan (b) rujukan baku mutu yang tepat. Dalam konteks regulasi nasional, PP No. 22 Tahun 2021 (Lampiran VI) memuat baku mutu air nasional dan klasifikasi peruntukan; misalnya Kelas III diperuntukkan bagi pembudidayaan ikan air tawar. Namun, lampiran yang sama juga memberi catatan bahwa beberapa parameter pada baku mutu “air sungai dan sejenisnya” memiliki keterbatasan penerapan, misalnya TDS dinyatakan “tidak berlaku untuk muara”, sehingga pemilihan pembandingan untuk inlet payau/estuari harus dilakukan secara cermat sesuai karakter badan air lokasi penelitian.

2.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

2.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada bab ini adalah:

1. Menganalisis kondisi kualitas air pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, berdasarkan perbedaan tingkat tutupan mangrove.
2. Menganalisis korelasi antara parameter kualitas air, meliputi suhu, salinitas, kekeruhan, pH, oksigen terlarut (DO), Biological Oxygen Demand (BOD), nitrat, nitrit, dan fosfat, dengan tingkat tutupan mangrove pada saluran inlet tambak.

2.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai variasi kondisi kualitas air pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi berdasarkan perbedaan tingkat tutupan mangrove, sebagai dasar pemahaman interaksi antara ekosistem mangrove dan lingkungan perairan tambak.

- Menyediakan gambaran kecenderungan hubungan antara parameter kualitas air (suhu, salinitas, kekeruhan, pH, DO, BOD, nitrat, nitrit, dan fosfat) dengan tingkat tutupan mangrove, yang dapat dimanfaatkan sebagai informasi awal dalam kajian kualitas lingkungan perairan pesisir.

2.4 Metode Penelitian

2.4.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2025 di Dusun Kuri Caddi, Desa Nisombalia, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Analisis sampel dilakukan di PT Global Environment Laboratory Cabang Makassar.



Gambar 2 Peta Lokasi Lanskap Pesisir Kuri Caddi, Maros

Penentuan titik lokasi sampling penelitian menggunakan metode *purposive sampling* dengan karakteristik titik lokasi tiap stasiun yang berbeda. Stasiun untuk pengambilan

sampel di Kuri Caddi:

- Stasiun 1 : Tengah hutan mangrove, post-rehabilitation site (tutupan lebat)
- Stasiun 2 : Saluran Inlet tambak, yang melalui post-rehabilitation site (tutupan lebat)
- Stasiun 3 : Kolam tandon tambak budidaya Blue Forests
- Stasiun 4 : tengah hutan mangrove, non-rehabilitasi site (tutupan sedang)
- Stasiun 5 : Saluran inlet tambak yang melalui mangrove green-belt (tutupan sedang)
- Stasiun 6 : Kolam budidaya tambak warga
- Stasiun 7 : kontrol, Laut/ Perairan terbuka (near-shore)

2.4.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, dengan fungsinya masing-masing, merupakan kebutuhan untuk pengambilan data dan sampel yang nantinya diolah menjadi bahan penelitian untuk dilakukan analisis. Alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Kegunaan	Teknik pengukuran
1.	Termometer digital	Mengukur suhu air	In situ di titik stasiun
2.	Refraktometer/multi	Mengukur salinitas	In situ
3.	parameter	Mengukur kekeruhan	In situ
4.	Nefelometer	Mengukur tingkat keasaman	In situ
5.	pH meter	Mengukur kandungan oksigen	In situ
6.	DO meter	terlarut	
7.	Botol BOD dan	Analisis BOD di laboratorium	Sampel dibawa ke lab
8.	inkubator	Mengambil sampel air	Sampel dibawa ke lab
9.	Botol kaca sampel	Analisis nitrat, nitrit dan fosfat	Sampel dibawa ke lab
10.	steril	Mengambil sampel plankton	Sampel dibawa ke lab
11.	Spektrofotometer	Identifikasi analisis biologi	Sampel dibawa ke lab
12.	Plankton net	Mencatat hasil pengukuran,	
13.	Mikroskop	wawancara	In situ
14.	Alat tulis	Menyimpan sampel	In situ
15.	Cool box	Untuk mengetahui titik koordinat	In situ
16.	Aplikasi Avenza	Membuat transek dan plot	
17.	Rol meter	Mengambil dokumentasi gambar	
18.	Kamera digital	Menampung air sampel untuk	
19.	Gelas ukur plastik	diukur	

Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan	Kegunaan
1.	Akuades	Membersihkan alat
2.	Tisu	Mengeringkan alat
3.	Es batu	Mengawetkan sampel
4.	Aluminium foil	Membungkus botol kaca

2.4.3 Jenis dan Sumber Data

Tujuan dalam pengumpulan data ini diperlukan untuk membantu peneliti dalam mengumpulkan informasi dan bahan untuk melakukan uji analisis guna menjawab pertanyaan dalam masalah penelitian ini. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder.

Data Primer

Pengambilan data primer didapatkan dengan melakukan pengambilan data langsung di lokasi penelitian dan wawancara dengan masyarakat dan narasumber perwakilan perwakilan Blue Forests. Data primer yang dilakukan berupa data kualitas air secara fisik (suhu, salinitas, kekeruhan), kimia (pH, DO, BOD, nitrat, nitrat, fosfat), dan Biologis (keanekaragaman plankton) yang menunjang dalam analisis data. Komunikasi pribadi dengan narasumber perwakilan Blue Forests yang memberikan informasi terkait pelaksanaan program rehabilitasi mangrove. Wawancara dengan masyarakat tentang hasil tambak tradisional. Hasil komunikasi dan wawancara ini digunakan untuk memperkuat analisis aspek sosial dan ekonomi penelitian.

Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dengan melakukan studi berbagai pustaka, literatur jurnal, artikel, penelitian, dan informasi situs web yang berkaitan dengan kondisi umum lokasi dan pembahasan penelitian yang menunjang informasi dalam pengolahan data.

2.4.4 Tahapan Pengambilan Data dan Sampel

2.4.4.1 Penentuan Titik Stasiun Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan titik lokasi sampling penelitian menggunakan metode *purposive sampling* dengan karakteristik titik lokasi tiap stasiun yang berbeda. Penentuan titik lokasi sampling berdasarkan perbedaan variasi tingkat tutupan mangrove dan keterkaitannya dengan sumber saluran air inlet tambak tradisional. Hal ini berdasarkan pertimbangan dan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Setiap kategori mewakili kondisi ekosistem mangrove yang berbeda untuk menggambarkan variasi kondisi biofisik lingkungan yang memengaruhi kualitas air. Hal ini bertujuan agar hasil analisis mampu menunjukkan parameter kualitas berdasarkan perbedaan variasi tutupan mangrove.

Tabel 3 Lokasi dan Pembagian Stasiun Penelitian

STASIUN	TITIK KOORDINAT	Karakteristik Lokasi
1	5° 01' 56.99" LS, 119° 28' 07.14" BT	Tengah hutan mangrove (<i>Post-rehabilitation site</i>) – mewakili tutupan lahan rapat
2	5° 01' 54.19" LS, 119° 28' 07.65" BT	Saluran Inlet Tambak, yang melalui <i>Post-rehabilitation site</i> (tutupan lebat) – mewakili tutupan rapat yang mempengaruhi inlet tambak
3	5° 01' 51.34" LS 119° 28' 12.12" BT	Kolam tandon tambak budidaya Blue Forests – sebagai referensi kondisi air di tandon tambak budidaya yang kualitas airnya melalui inlet yang dipengaruhi tutupan mangrove lebat
4	5° 01' 25.31" LS, 119° 28' 13.38" BT	Tengah hutan (mangrove non-rehabilitasi site) mewakili tutupan sedang
5	5° 01' 38.87" LS, 119° 28' 22.71" BT	Saluran inlet tambak yang melalui mangrove <i>green-belt</i> (tutupan jarang) – mewakili tutupan rendah yang mempengaruhi inlet tambak
6	5° 01' 27.93" LS, 119° 28' 17.54" BT	Kolam budidaya tambak warga – sebagai referensi kondisi air di tandon tambak budidaya yang kualitas airnya melalui inlet yang dipengaruhi tutupan mangrove jarang
7	5° 01' 25.06" LS, 119° 27' 52.58" BT	Laut perairan terbuka (near-shore) - sebagai referensi kondisi air laut umum

2.4.4.2 Waktu pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada waktu pagi hari (sekitar pukul 08.00-10.00 WITA) untuk meminimalkan fluktuasi harian parameter kualitas air seperti suhu dan DO yang dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis dan suhu lingkungan. Pemilihan waktu pagi dengan mempertimbangkan kestabilan kondisi perairan agar data yang diperoleh lebih representatif dan konsisten.

2.4.4.3 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dengan pengulangan sebanyak tiga kali sampel air atau *replikasi* di setiap stasiun. Pengulangan ini bertujuan untuk memastikan keakuratan dan konsistensi data yang didapatkan sehingga mengurangi kesalahan acak yang dapat memengaruhi hasil analisis.

1. Suhu (SNI 06-6989.23:2005)

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer, yang terlebih dahulu dibilas dengan akuades, Kemudian dikeringkan dengan lap tisu. Setelah itu, dicelupkan ke dalam air kemudian ditunggu dengan melihat angka nilai suhu stabil atau tidak berubah pada alat termometer.

2. Salinitas

Pengukuran salinitas air dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer yang sebelumnya telah dikalibrasi. Sampel air diambil beberapa tetes dan ditempatkan pada permukaan prisma refraktometer. Hasil pengukuran ditampilkan dalam satuan permil (o/oo) atau ppt.

3. pH (SNI 6989. 11: 2009)

pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter digital yang telah dikalibrasi sebelumnya dengan larutan buffer standar pH 4,00; pH 7,00; dan pH 10,00. Elektroda pH meter dibersihkan dengan akuades sebelum digunakan, kemudian dicelupkan ke dalam sampel air hingga sensor terendam sempurna. Pembacaan pH dilakukan setelah nilai pada layar pH meter stabil. Hasil pengukuran dicatat dalam satuan derajat pH.

4. DO

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan DO meter yang sebelumnya dibilas dengan larutan akuades dan dikeringkan dengan lap tisu. Pengukuran dilakukan dengan cara menyelupkan elektroda oksigen ke dalam air hingga terlihat angka DO meter. Nilai DO dapat dilihat melalui angka yang muncul pada multiparameter.

5. BOD (SNI 6989.72:2009)

Pengukuran Biochemical Oxygen Demand (BOD_5) dilakukan dengan metode inkubasi lima hari mengacu pada SNI 06-6989.72-2009. Sampel air dimasukkan ke dalam botol BOD berkapasitas 300 mL, kemudian diukur kadar DO awal (DO_0) menggunakan DO meter yang telah dikalibrasi. Botol sampel ditutup rapat dan diinkubasi pada suhu 20 °C selama lima hari dalam kondisi gelap. Setelah inkubasi, kadar DO akhir (DO_5) diukur kembali. Nilai BOD_5 dihitung dari selisih DO_0 dan DO_5 , dinyatakan dalam mg/L.

6. Nitrat (SM 4500-NO₃-B 23 rd, 2017)

Pengukuran nitrat dilakukan dengan metode spektrofotometri menggunakan reagen Brucine-Sulfanilic Acid sesuai SNI 06-6989.79-2011. Sampel air disaring terlebih dahulu menggunakan kertas saring Whatman GF/C. Kemudian, reagen ditambahkan dan larutan diinkubasi pada suhu 100 °C selama 25 menit. Setelah didinginkan, absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm. Hasil dinyatakan dalam mg/L NO₃⁻-N.

7. Nitrit (NO₂⁻-N) (SNI 06-6989.9-2004)

Pengukuran nitrit dilakukan dengan metode spektrofotometri menggunakan reagen N-(1-naftil)etilendiamina dihidroklorida (NED) sesuai SNI 06-6989.9-2004. Sampel air direaksikan dengan larutan sulfanilamida dalam kondisi asam, kemudian ditambahkan larutan NED. Setelah warna merah muda terbentuk, absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 543 nm. Hasil dinyatakan dalam mg/L NO₂⁻-N.

8. Fosfat ((SNI 6989-31:2009)

Pengukuran fosfat dilakukan dengan metode asam askorbat mengacu pada SNI 06-6989.31-2005. Sampel air direaksikan dengan larutan ammonium molibdat dan antimonil tartrat dalam suasana asam, kemudian ditambahkan larutan asam askorbat. Reaksi ini menghasilkan warna biru yang intensitasnya sebanding dengan konsentrasi fosfat. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Hasil pengukuran dinyatakan dalam mg/L PO₄³⁻-P.

9. Kelimpahan Plankton

Pengambilan sampel plankton dilakukan dengan metode penyaringan menggunakan plankton net berukuran mesh 25–50 µm. Sampel dikonsentrasikan dalam botol sampel dan diawetkan dengan larutan Lugol 1%. Identifikasi jenis plankton dilakukan di laboratorium menggunakan mikroskop cahaya mengacu pada buku identifikasi plankton (APHA, 2017). Kelimpahan plankton dihitung menggunakan rumus:

Kelimpahan (ind/L) = $\frac{\text{Jumlah individu terhitung} \times \text{Volume konsentrat}}{\text{Volume sampel air yang disaring}}$

Tabel 4 Tabel Baku Mutu Kualitas Perairan Tambak dan Standar Pengujian

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu/ Kisaran Optimal	Metode Uji (SNI/Standar)	Sumber
1	Suhu	°C	28 – 32	SNI 06-6989.23-2005 (Termometer)	PP RI No 22 Tahun 2021
2	pH	-	7 – 8,5	SNI 06-6989.11-2004 (pH Meter)	PP RI No 22 Tahun 2021
3	DO (Dissolved Oxygen)	mg/L	≥ 5	SNI 06-6989.14-2004 (Metode Winkler)	PP RI No 22 Tahun 2021
4	Salinitas	ppt	34	Pengukuran Refraktometer	PP RI No 22 Tahun 2021
5	Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/L	≤ 0,06	SNI 06-6989.9-2004 (Spektrofotometri)	PP RI No 22 Tahun 2021
6	Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	≤ 0,06	SNI 06-6989.79-2011 (Spektrofotometri Brucine)	PP RI No 22 Tahun 2021
7	BOD	mg/L	20	SNI 06-6989.72-2009 (Inkubasi 5 hari)	PP RI No 22 Tahun 2021
8	Fosfat	mg/L	≤ 0,015	SNI 06-6989.31-2005 (Spektrofotometri Asam Askorbat)	PP RI No 22 Tahun 2021
9	Fitoplankton	sel/mL	1.000	SNI 6989.59-2008 (Mikroskopi Sedgwick Rafter)	PP RI No 22 Tahun 2021
10	Kekeruhan	NTU	≤ 5	SNI 06-6989.31-2005 (Nephelometer)	PP RI No 22 Tahun 2021

Tabel 5 Alat dan Teknik Pengambilan Data

Parameter	Alat yang digunakan	Teknik Pengukuran
Suhu	Termometer digital	In situ di titik stasiun
Salinitas	Refraktometer/Multiparameter	In situ
Kekeruhan	Nephelometer	In situ
pH	pH meter	In situ
DO	DO meter	In situ
BOD	Sampel dibawa ke laboratorium	Inkubator, botol BOD
Nitrat, Nitrit dan Fosfat	Spektrofotometer	Sampel dibawa ke laboratorium
Plankton	Plankton net	Sampel dibawa ke laboratorium
Kerapatan pohon	Tali ukur	In situ

2.4.4.4 Metode Pengukuran Tutupan Mangrove Transek Berpetak Kuadrat

Pengukuran tutupan mangrove menggunakan metode transek berpetak kuadrat. Dalam setiap stasiun pengamatan, dibuat transek sepanjang 100 meter tegak lurus garis pantai, dan setiap transek diberi kuadrat berukuran 10x10 meter pada interval tertentu. Dalam tiap kuadrat dilakukan pengukuran terhadap parameter vegetasi mangrove seperti :

1. jenis spesies,
2. tinggi pohon (meter),
3. diameter batang setinggi dada (DBH, cm) dan
4. kerapatan pohon (jumlah individu/m²).

Data vegetasi dianalisis untuk menghitung kerapatan, frekuensi, dan dominasi serta indeks nilai penting (INP). Hasil analisis ini digunakan untuk mengelompokkan lokasi berdasarkan tingkat tutupan mangrove. Selanjutnya hasil ini dikaitkan dengan parameter kualitas air untuk melihat hubungan ekologis antara kondisi tutupan vegetasi dengan kondisi perairan di sekitarnya.

2.4.5 Analisis Data

Uji Korelasi Pearson

Data yang diperoleh dari lapangan dan laboratorium dianalisis menggunakan pendekatan statistik untuk menjelaskan hubungan antarvariabel menggunakan uji korelasi Pearson. Uji ini untuk mengetahui hubungan antara tingkat tutupan mangrove dengan masing-masing parameter kualitas air. Korelasi ini membantu mengidentifikasi sejauh mana perubahan tutupan vegetasi memengaruhi kondisi perairan. Misalnya antara tutupan mangrove dan DO (Dissolved Oxygen). Rumus Korelasi Pearson (r) :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Keterangan:

- r = koefisien korelasi Pearson
- x = nilai variabel independen (misalnya: tutupan mangrove)
- y = nilai variabel dependen (misalnya: kualitas air)
- n = jumlah sampel
- $\sum xy$ = jumlah hasil perkalian nilai x dan y
- $\sum x$ = jumlah nilai x
- $\sum y$ = jumlah nilai y

Interpretasi nilai r:

1. 0.00–0.19 : sangat lemah
2. 0.20–0.39 : lemah
3. 0.40–0.59 : sedang
4. 0.60–0.79 : kuat
5. 0.80–1.00 : sangat kuat

Analisis Data Vegetasi

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui struktur dan komposisi tumbuhan mangrove. Dengan mengidentifikasi jenis mangrove dominan, melihat tingkat keanekaragaman dan distribusi spesies, dan mengetahui peran spesies tertentu dalam ekosistem, yang bisa dikaitkan dengan kualitas perairan tambak. Berikut rumusnya :

1. Kerapatan (K) adalah jumlah individu suatu jenis tumbuhan per satuan luas. Apabila nilai kerapatan (K) semakin tinggi, maka semakin padat populasinya. Rumusnya :

$$K = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas total plot (m}^2 \text{ atau ha)}}$$

2. Frekuensi (F) adalah tingkat kehadiran suatu jenis dalam plot pengamatan. Nilai ini menggambarkan penyebaran suatu jenis di lokasi penelitian. Rumusnya :

$$F = \frac{\text{Jumlah plot yang terdapat jenis tersebut}}{\text{Jumlah seluruh plot}} \times 100\%$$

3. Dominasi (D) adalah luas area yang ditutupi oleh tajuk atau diameter batang suatu jenis per satuan luas. Umumnya diukur dari luas bidang dasar (Basal Area) untuk pohon. Rumusnya :

$$\text{Basal Area : } BA = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

d = diameter batang pada ketinggian dada (DBH)

$$\text{Dominasi : } D = \frac{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{Luas total plot}}$$

4. Indeks Nilai Penting (INP) adalah gabungan dari kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominasi relatif untuk menggambarkan peran ekologi suatu jenis dalam komunitas. Rumusnya :

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan nilai :

$$KR (\text{Kerapatan Relatif}) = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan total}} \times 100\%$$

$$FR (\text{Frekuensi suatu jenis}) = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi total}} \times 100\%$$

$$DR (\text{Dominasi Relatif}) = \frac{\text{Dominasi suatu jenis}}{\text{Dominasi total}} \times 100\%$$

Keterangan :

INP maksimum untuk satu jenis di komunitas mangrove dapat mencapai 300 (apabila 100% di semua parameter).

2.5 Hasil dan Pembahasan Analisis Kualitas Air

2.5.1 Suhu

Menurut U.S. Geological Survey (2024), Suhu perairan adalah derajat panas air yang menggambarkan kondisi termal suatu badan air pada waktu dan lokasi tertentu. Pada daerah sistem perairan pesisir estuari dan tambak, suhu bersifat dinamis karena dipengaruhi radiasi matahari, kedalaman, sirkulasi air, tutupan vegetasi (peneduh), serta proses pertukaran massa air akibat pasang surut (Marín Jarrín et al., 2022). Oleh karena itu, suhu menjadi parameter dasar yang selalu dicatat pada pengukuran kualitas air in situ untuk memahami konteks fisik lingkungan perairan saat sampling. Dalam konteks budidaya, suhu penting karena mempengaruhi laju metabolisme, kelarutan oksigen, kebutuhan oksigen organisme budidaya serta performa produksi (Yavuz, 2025). PP RI No. 22 Tahun 2021 menetapkan perubahan suhu yang diizinkan maksimum 2 °C dari kondisi alaminya sehingga hasil pengukuran suhu dapat dievaluasi baik terhadap kisaran optimal budidaya maupun batas perubahan yang diperkenankan untuk perlindungan ekosistem perairan. Dari sisi acuan untuk budidaya udang di wilayah tropis, banyak rujukan menyebut kisaran suhu optimal 28-32 °C untuk mendukung aktivitas metabolik dan pertumbuhan yang baik, meskipun kajian fisiologi juga melaporkan rentang optimal yang dapat berada pada kisaran 25-30 °C, tergantung kondisi dan indikator biologis yang diapakai (Kir et al., 2023).

Tabel 6 Suhu Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	Suhu Minimum (°C)	Suhu Maksimum (°C)	Rata – Rata Suhu (°C)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	29,3	30,8	30,2

Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	29,2	29,2	29,2
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	30,5	30,9	30,7
Baku Mutu Air Laut (Mangrove)				28-32

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada Tabel 2.6, suhu pada tiga lokasi berbeda berada pada kisaran 29,2 - 30,7 °C. Suhu tertinggi terjadi pada titik kontrol (30,7°C), diikuti kemudian suhu pada saluran inlet mangrove padat tercatat 30,2°C, sedangkan suhu terendah tercatat pada inlet dengan mangrove sedang (29,2°C). Selisih suhu maksimum antarlokasi sebesar 1,1°C, menunjukkan variasi yang relatif kecil dan masih berada dalam rentang suhu optimal yang layak untuk mendukung budidaya tambak tropis.

Suhu perairan inlet pada lokasi yang dipengaruhi mangrove (terutama tutupan sedang) cenderung lebih rendah dibanding suhu pada lokasi kontrol tanpa mangrove. Kanopi mangrove dan sistem perakaran yang lebih rapat dapat mengurangi penetrasi radiasi matahari, memperlambat laju pergantian massa air dan mempertahankan stabilitas suhu. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan mangrove berperan sebagai pengatur mikroklimat lewat efek peneduhan tajuk sebagai faktor pengendali kondisi termal skala lokal (Aditio et al., 2023).

Bukti lapangan dari Padang menunjukkan bahwa suhu udara harian rata-rata di dalam hutan mangrove lebih rendah dibandingkan tepi dan luar hutan. Selisih rata-rata suhu udara di dalam hutan vs luar hutan berada pada kisaran $\pm 1,22-2,14^{\circ}\text{C}$ dan intensitas cahaya matahari di dalam hutan jauh lebih rendah daripada di luar hutan (Aditio et al., 2023). Pada konteks perairan pesisir/estuaria, data pengamatan di ekosistem mangrove Kota Kupang melaporkan bahwa stasiun dengan suhu lebih tinggi berada pada area perairan laut yang menerima paparan sinar matahari langsung, sehingga secara mekanistik menguatkan bahwa keberadaan penutup vegetasi (termasuk mangrove) dapat menurunkan pemanasan permukaan dengan mengurangi radiasi langsung yang pada praktiknya sering terbaca sebagai suhu yang relatif lebih rendah/lebih stabil pada lokasi yang lebih terlindung (Radja et al., 2023).

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu perairan pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi masih berada dalam kisaran optimal bagi kegiatan budidaya. Perbedaan suhu yang teramati antar lokasi dengan tingkat tutupan mangrove yang berbeda lebih mencerminkan variasi kondisi lingkungan lokal dan potensi peran mangrove dalam memodifikasi mikroklimat perairan, daripada menunjukkan pengaruh yang bersifat ekstrem atau membatasi bagi sistem tambak.

2.5.2 Kekeruhan

Kekeruhan adalah parameter fisik yang menggambarkan tingkat ketidakjernihan air akibat keberadaan partikel tersuspensi dan/atau terlarut yang menghamburkan cahaya. Umumnya dinyatakan dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit) dan dipakai sebagai indikator cepat untuk membaca kondisi fisik perairan serta potensi gangguan kualitas air (Notonegoro & Priyambada, 2023). Dalam sistem perairan pesisir estuari maupun saluran inlet tambak, kekeruhan penting karena berhubungan langsung dengan penetrasi cahaya ke kolom air. Kekeruhan yang tinggi dapat mengurangi intensitas cahaya yang dibutuhkan fitoplankton/tumbuhan air untuk fotosintesis yang dapat berdampak pada dinamika oksigen terlarut dan produktivitas primer perairan (Fatmawati & Murjani, 2024; Sudarsono et al., 2024).

Dari sisi budidaya tambak, kekeruhan yang terlalu tinggi juga dapat berdampak langsung pada organisme budidaya, misalnya mengganggu respirasi karena partikel dapat menutup/merusak fungsi insang, mempercepat sedimentasi, serta mendorong penumpukan bahan organik yang meningkatkan kebutuhan oksigen dan memperburuk kualitas dasar tambak (Fatmawati & Murjani, 2024). Karena itu, kekeruhan lazim dipantau sebagai bagian dari pengelolaan kualitas air tambak (termasuk pada budidaya udang vaname) dan sering menjadi parameter praktis yang dipantau berkala di lapangan bersama parameter fisik-kimia lainnya (Musayyanah et al., 2024). Sebagai acuan regulatif untuk perairan laut, PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII (Baku Mutu Air Laut) menetapkan kekeruhan 5 NTU untuk peruntukan wisata bahari dan biota laut, sehingga hasil kekeruhan dapat dievaluasi terhadap batas proteksi ekosistem.

Tabel 7 Kekeruhan Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	Kekeruhan Minimum (NTU)	Kekeruhan Maksimum (NTU)	Kekeruhan Rata-Rata (NTU)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	1,53	3,06	2,06
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	2,19	4,63	3,13
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	1,09	1,79	1,48
Baku Mutu Air Laut (Mangrove)				5

Berdasarkan Tabel 2.7 kekeruhan perairan pada saluran inlet menunjukkan nilai kekeruhan pada tiga lokasi penelitian berada pada kisaran 1,48–3,13 NTU. Urutan tertinggi pada saluran inlet mangrove sedang (3,13 NTU) diikuti mangrove padat (2,06 NTU) dan terendah pada air laut tanpa pengaruh mangrove (1,48 NTU). Secara regulatif, seluruh nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu kekeruhan air laut 5 NTU (kategori wisata bahari dan biota laut) sehingga secara umum memenuhi acuan perlindungan perairan laut berdasarkan lampiran baku mutu yang berlaku. (Peraturan Pemerintah No 22, 2021).

Jika dibandingkan dengan studi lain di Indonesia, kekeruhan pada lokasi Kuri Caddi tergolong rendah. Hal ini mengindikasikan kondisi lokasi tersebut yang relatif lebih jernih. Pada muara/estuari tertentu, dilaporkan kekeruhan dapat mencapai puluhan NTU dan melampaui baku mutu, yang sering dihubungkan dengan masukan bahan organik dari daratan, tingginya padatan tersuspensi dan mengalami pengadukan sedimen yang kuat cenderung memiliki kekeruhan lebih tinggi (Nisa et al., 2025).

Nilai kekeruhan terendah terdapat pada titik kontrol (laut terbuka tanpa mangrove). Secara oseanografi, perairan yang lebih terbuka dan relatif jauh dari masukan sedimen daratan umumnya memiliki kekeruhan lebih rendah, sedangkan kekeruhan pesisir/estuari cenderung meningkat karena menerima limpasan sedimen saat hujan, masukan sungai, serta resuspensi sedimen oleh gelombang, pasang surut dan arus (Ralston et al., 2020). Namun tetap fungsi pengendapan sedimen tidak sebaik wilayah mangrove padat.

Kekeruhan tertinggi terdapat pada titik mangrove sedang (3,13 NTU). zona mangrove sedang/*green belt* sering mengalami arus pasang-surut dan gelombang lebih besar dibanding area mangrove sangat rapat, sehingga peluang resuspensi sedimen meningkat. Gelombang dan arus menyebabkan terangkatnya sedimen dari dasar kolom air, dan daya filtrasi akar menurun sehingga menaikkan kekeruhan di perairan dangkal pesisir/estuari (Green et al., 2014). Hal ini didukung oleh penelitian Das dan Mandal (2023), bahwa Ekosistem mangrove yang mengalami penurunan kerapatan menunjukkan peningkatan kekeruhan 2–4 kali lipat akibat penurunan fungsi retensi sedimen.

Pada saluran inlet dengan mangrove padat (2,06 NTU), kekeruhan lebih rendah dibanding mangrove sedang. Hal ini sesuai dengan fungsi fisik ekosistem mangrove, khususnya dengan sistem akar yang kompleks, sangat efektif sebagai perangkap sedimen. Struktur batang, akar napas, dan akar tunjang meningkatkan hambatan aliran, memperlambat kecepatan arus, dan menyebabkan pengendapan partikel sehingga sedimen dan lumpur lebih banyak tertahan di zona vegetasi sehingga mengurangi pengangkatan sedimen ke kolom air dan menjaga kekeruhan air dibawah kanopi rendah. Mekanisme ini dijelaskan pada studi klasik maupun kajian/hasil penelitian yang lebih baru. Kathiresan (2003) menunjukkan mangrove berperan sebagai *sediment trap* yang menghambat aliran pasang-surut dan mendorong pengendapan. Bukti lebih mutakhir juga menegaskan bahwa struktur vegetasi mangrove (di atas dan bawah permukaan) bekerja

sinergis dalam retensi sedimen melalui penurunan energi gelombang/arus dan peningkatan peluang partikel untuk mengendap (Akram et al., 2023).

Hal ini menegaskan bahwa ekosistem mangrove sering berkontribusi memperbaiki kualitas perairan melalui penjemputan partikel dan pengurangan kekeruhan, namun kekuatan efek tersebut bergantung pada konfigurasi tapak (lebar sabuk mangrove, konektivitas hidrologi, dan intensitas arus), sehingga nilai kekeruhan yang rendah di semua lokasi menunjukkan kondisi perairan yang relatif jernih, sedangkan perbedaan kecil antar lokasi lebih mungkin mencerminkan kombinasi dinamika hidrodinamika (pasang-surut, arus), aktivitas sekitar, dan resuspensi sedimen daripada pengaruh tunggal tutupan mangrove (Putra & Hendrasarie, 2023).

2.5.3 pH

pH (derajat keasaman) adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen (H^+) dengan pH 7 bersifat netral, pH < 7 bersifat asam, dan pH > 7 bersifat basa. (Sukendar et al., 2025). Semakin besar konsentrasi ion hidrogen maka nilai pH semakin rendah, dan perubahan pH dapat berimplikasi pada kondisi toksisitas serta sensitivitas biota akuatik terhadap perubahan kualitas perairan. (Nurbaya dan Sari, 2023). Dalam budidaya tambak (termasuk udang vaname), pH berkaitan dengan kestabilan proses fisiologis dan metabolisme organisme serta stabilitas kualitas air, sehingga praktik pengelolaan kualitas air umumnya menargetkan kondisi pH yang optimum dan fluktuasi harian yang tidak ekstrem. Pada kajian budidaya intensif, pH 7,5–8,5 dan fluktuasi harian $\leq 0,5$ sering dipakai sebagai acuan operasional karena masih mendukung performa pertumbuhan (Pratiwi et al., 2024). Dari sisi regulasi lingkungan perairan pesisir, PP RI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII (peruntukan Biota Laut) menetapkan pH 7,0–8,5 untuk biota laut.

Tabel 8 Nilai pH Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	pH Minimum	pH Maksimum	pH Rata-Rata
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	8,01	8,07	8,03
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	7,84	7,84	7,84
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	8,83	8,85	8,84
Baku Mutu Air Laut (Biota Laut)				7 - 8,5

Nilai pH pada ketiga stasiun menunjukkan netral – basa dengan rentang nilai 7,84 – 8,84. pH di lokasi mangrove (7,84–8,03) lebih rendah dibanding titik laut terbuka (8,84). Secara evaluatif, nilai pH pada dua lokasi yang dipengaruhi mangrove (7,84–8,03) masih berada dalam rentang baku mutu pH biota laut (7,0–8,5). pH pada lokasi tanpa mangrove berada di atas rentang tersebut (8,84) dicatat sebagai kondisi yang lebih basa. Dengan pH inlet mangrove padat–sedang (7,84–8,03) yang masih berada dalam rentang baku mutu pH biota laut (7,0–8,5), kondisi ini dapat dinilai relatif mendukung dari sisi kelayakan kimia perairan pesisir untuk fungsi ekologis dan sebagai air sumber tambak.

Nilai pH pada inlet yang dipengaruhi mangrove, sedikit lebih rendah dibanding lokasi tanpa mangrove. Hal ini konsisten dengan karakter perairan mangrove yang kaya bahan organik dan proses biogeokimia intensif. Perubahan pH di habitat mangrove dapat dipengaruhi oleh keseimbangan proses yang menambah/menurunkan CO_2 terlarut. Respirasi dan dekomposisi cenderung meningkatkan CO_2 sehingga mendorong penurunan pH, sedangkan fotosintesis dapat mengurangi CO_2 sehingga menaikkan pH. Studi pada perairan mangrove dengan kerapatan berbeda di Eyat Mayang (Lombok Barat) melaporkan pH rata-rata berada pada kisaran 6,8–7 dan secara statistik tidak berbeda signifikan antar kelas kerapatan mangrove. Temuan ini menunjukkan bahwa pH perairan mangrove dapat bervariasi antar lokasi, namun tetap sangat dipengaruhi karakter habitat dan proses perairan setempat (Sari et al., 2023).

Nilai pH 8,84 yang tinggi pada lokasi air laut tanpa pengaruh mangrove dapat dipahami bahwa pH perairan bersifat dinamis dan dapat berfluktuasi karena dipengaruhi aktivitas biologis (produktivitas fitoplankton yang tinggi yang menyerap CO₂), kondisi fisik perairan pada saat pengukuran, tingkat pencampuran/pengenceran, serta metode dan kalibrasi alat, yang semuanya berpotensi menghasilkan kisaran pH yang berbeda meskipun sama-sama berada dalam sistem pesisir (Murtadha dan Dwiyanti, 2025). Tingginya nilai pH untuk laut terbuka (8,84) dimungkinkan akibat waktu pengukuran pada siang hari fotosintesis dapat menurunkan CO₂ terlarut dan menaikkan pH secara lokal sehingga menyebabkan pH laut bisa lebih tinggi pada kondisi tertentu. Selain itu, perairan laut tanpa pengaruh mangrove menunjukkan nilai pH lebih tinggi karena relatif lebih kecil menerima masukan bahan organik mangrove yang dapat meningkatkan CO₂ terlarut melalui respirasi dan dekomposisi, sehingga tekanan penurunan pH lokal lebih kecil dibanding wilayah vegetasi (Gonzalez et al., 2024).

Dari hasil pengukuran suhu yang didapatkan pada tabel 2.6, menggambarkan kondisi titik 2 yang sangat dipengaruhi oleh mangrove. Suhu titik ini relatif lebih stabil jika dibandingkan dengan titik 7 (laut terbuka tanpa mangrove). Karena suhu yg stabil (sejuk), tidak tinggi, sehingga mempengaruhi nilai pH yg lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai pH titik 7.

2.5.4 Salinitas

Salinitas adalah kadar garam terlarut di dalam air (umumnya dinyatakan dalam satuan ppt/‰) yang mencerminkan proses pencampuran massa air laut dan air tawar pada sistem pesisir–estuaria maupun saluran inlet tambak, sehingga nilainya dapat berfluktuasi mengikuti pasang surut, debit air tawar, serta dinamika pencampuran dan intrusi air laut (Radjawane et al., 2024). Dalam konteks budidaya tambak, salinitas menjadi parameter kunci karena menentukan beban kerja osmoregulasi organisme budidaya; perubahan salinitas yang menjauhi kisaran ideal dapat memicu stres fisiologis dan berimplikasi pada penurunan performa pertumbuhan maupun meningkatnya kerentanan penyakit (Solihin et al., 2025). Bukti eksperimental di Indonesia juga menunjukkan bahwa perbedaan salinitas berkaitan dengan tingkat kerja osmotik (indikator osmoregulasi) pada larva udang vaname, sehingga salinitas perlu dipantau sebagai bagian dari pengendalian kondisi media pemeliharaan (Anita et al., 2024). Selain berdampak langsung pada biota, salinitas juga relevan untuk interpretasi parameter kualitas air lain karena kenaikan salinitas (bersama kenaikan suhu) dapat menurunkan kelarutan oksigen terlarut (DO), sehingga pengendalian salinitas ikut membantu membaca risiko penurunan DO dalam sistem tambak (Manullang et al., 2023).

Ketentuan baku mutu Indonesia menetapkan perubahan salinitas yang diperbolehkan adalah sampai dengan 5‰ dari salinitas rata-rata musiman (sebagai rujukan kondisi alami), sehingga hasil pengukuran salinitas dapat dievaluasi baik terhadap kebutuhan budidaya maupun batas perubahan yang diizinkan untuk perlindungan ekosistem perairan. Secara interpretatif rentang 32–34 ppt menunjukkan variasi yang sempit dan masih merepresentasikan dominasi air laut pada lokasi penelitian. (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Dalam kaitannya dengan tambak, kisaran salinitas yang mendekati salinitas laut ini masih berada dalam rentang toleransi luas udang vaname (misalnya 5–35 ppt pada beberapa rujukan operasional), tetapi untuk operasional budidaya banyak unit intensif justru menstabilkan salinitas pada kisaran tertentu (contoh 25–30 ppt di tandon) agar beban osmoregulasi lebih terkendali (Shilman et al., 2025; Prastiwi et al., 2024).

Tabel 9 Salinitas Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	Salinitas Minimum (ppt)	Salinitas Maksimum (ppt)	Salinitas Rata-Rata (ppt)
Stasiun 2	Mangrove Tutupan Padat	33	33	33
Stasiun 5	Mangrove Tutupan Sedang	32	32	32
Stasiun 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	33	35	34
Baku Mutu Air Laut (Mangrove)				34

Berdasarkan Tabel 2.9, hasil pengukuran salinitas berada pada kisaran 32–34 ppt yang menunjukkan perairan inlet masih didominasi oleh pengaruh air laut. Kisaran ini merupakan nilai yang lazim dijumpai pada perairan pesisir tropis yang terhubung langsung dengan laut, terutama ketika masukan air tawar tidak dominan pada saat pengukuran dengan perbedaan rentang 2 ppt yang relatif kecil (Radjawane et al., 2024).

Salinitas tertinggi terdapat pada perairan tanpa mangrove (kontrol) (34 ppt) sedangkan nilai terendah terdapat pada saluran inlet mangrove padat (33 ppt). Perbedaan maksimum antar lokasi hanya 2 ppt, sehingga variasi yang teramati masih tergolong kecil dan sangat mungkin dipengaruhi oleh dinamika pasang-surut, proses pencampuran massa air yang berubah dalam skala waktu pendek, waktu sampling dan tingkat penguapan pada lokasi tersebut. Intensitas penyinaran sehingga Penguapan meninggalkan garam dan mineral terlarut, sehingga konsentrasi salinitas meningkat sehingga perbedaan kecil antar titik masih sangat mungkin muncul hanya karena perubahan kondisi perairan pada waktu pengukuran. (Radjawane, 2024; Winoviaz et al., 2024).

Data salinitas sesaat pada penelitian ini belum dapat digunakan untuk menyatakan memenuhi atau tidak memenuhi secara definitif tanpa informasi salinitas rata-rata musiman sebagai pembanding. Namun, secara indikatif, kisaran 32–34 ppt menunjukkan kondisi perairan yang masih mendekati karakter salinitas laut normal dan tidak menunjukkan perubahan ekstrem pada saat pengukuran. sehingga secara umum masih kompatibel bagi banyak biota estuarin dan organisme budidaya yang toleran salin. Akan tetapi, yang lebih menentukan bagi kestabilan ekosistem inlet tambak adalah pola fluktuasi (harian dan pasang-surut), bukan hanya angka sesaat, sehingga pencatatan jam pengukuran dan kondisi pasang-surut menjadi informasi kunci untuk memperkuat interpretasi perbedaan antar titik.

Salinitas pada saluran inlet yang berada pada kisaran 32–34 ppt itu menunjukkan dominasi salinitas air laut normal, sehingga secara ekologis masih wajar untuk inlet tambak yang mendapat suplai laut, namun tidak berada pada kisaran optimal pertumbuhan. Karena nilai salinitas tersebut masih memenuhi kisaran layak untuk tambak udang berbasis air laut, tetapi lebih tinggi daripada kisaran optimal 15–25 ppt, sehingga perlu diantisipasi potensi stres osmoregulasi (stres salinitas) terutama bila terjadi peningkatan salinitas lebih lanjut akibat penguapan atau keterbatasan pergantian air (Setiawan dan Dwiyantri, 2025).

Dari hasil pengukuran suhu yang didapatkan pada tabel 2.6, menggambarkan kondisi titik 2 yang sangat dipengaruhi oleh mangrove. Suhu titik ini relatif lebih stabil jika dibandingkan dengan titik 7 (laut terbuka tanpa mangrove). Karena suhu yg stabil (sejuk), tidak tinggi, turut mempengaruhi nilai salinitas yg lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai salinitas titik 7. Suhu yang tinggi seperti pada titik 7, berkontribusi pada peningkatan salinitas melalui proses evaporasi. Selain pohon mangrove yang rapat dan padat yang dapat menstabilkan suhu sehingga mengurangi proses evaporasi yang menyebabkan salinitas rendah, juga karena fungsi kepadatan pohon mangrove berperan sebagai zona penyangga terhadap intrusi air laut yang menyebabkan salinitas air lebih rendah jika dibandingkan titik 7.

2.5.5 DO (Dissolved Oxygen)

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*/DO) adalah kadar oksigen yang berada dalam fase terlarut di air (dinyatakan mg/L) dan menjadi bahan bakar utama respirasi biota perairan serta proses aerobik di kolom air, sehingga selalu dipantau sebagai indikator kunci kesehatan perairan dan kelayakan media budidaya (Hakim et al., 2025). DO penting dalam sistem perairan pesisir–tambak karena penurunannya dapat memicu stres fisiologis, menekan nafsu makan, memperburuk efisiensi pakan, dan meningkatkan kerentanan penyakit pada organisme budidaya. Selain itu DO berfluktuasi harian (sering lebih rendah menjelang pagi) akibat keseimbangan fotosintesis–respirasi dan dapat turun ketika beban bahan organik tinggi meningkatkan konsumsi oksigen (Shilman et al., 2025). Dalam konteks budidaya udang vaname, acuan nasional melalui pedoman teknis merekomendasikan DO minimum $\geq 4,0$ mg/L pada sumber air budidaya, dengan kisaran ideal operasional yang lazim dipertahankan melalui aerasi dan manajemen bahan organik agar pertumbuhan lebih optimal. (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2022). PP RI No 22 tahun 2021 menetapkan baku mutu untuk perlindungan ekosistem laut DO >5 mg/L untuk perairan laut (termasuk biota laut) sehingga hasil DO pada saluran inlet/sekitar tambak yang terkoneksi pesisir dapat dievaluasi tidak hanya terhadap kebutuhan budidaya, tetapi juga terhadap ambang perlindungan mutu perairan laut. Secara proses, DO dipengaruhi oleh dinamika fisik–biogeokimia seperti pencampuran/aerasi, laju dekomposisi bahan organik

dan nitrifikasi, serta kondisi hidrodinamika (misalnya aliran/pertukaran massa air) yang dapat mengubah pasokan vs konsumsi oksigen, sehingga interpretasi DO sebaiknya selalu dibaca bersama parameter pendukung seperti suhu, beban organik (mis. BOD), dan kondisi sirkulasi air (Yavuz, 2025).

Tabel 10 DO Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	DO Minimum (mg/L)	DO Maksimum (mg/L)	DO Rata-Rata (mg/L)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	3,3	3,8	3,6
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	6,8	6,8	6,8
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	6,9	7,2	7,0
Baku Mutu Air Laut (Biota Laut)				>5

Hasil pengukuran DO Tabel 2.10 berada pada kisaran 3,6-7,0 mg/L. Nilai tertinggi DO terdapat Pada titik kontrol (7 mg/L), disusul mangrove sedang (6,8 mg/L), dan DO terendah pada mangrove padat (3,6 mg/L). Pola ini menunjukkan bahwa kondisi perairan yang terbuka cenderung memiliki DO lebih tinggi dibandingkan saluran inlet yang dipengaruhi mangrove rapat.

Secara oseanografi, perairan laut terbuka umumnya memiliki DO lebih stabil dan relatif tinggi karena adanya pencampuran massa air (mixing) oleh gelombang dan arus yang meningkatkan pertukaran oksigen antara atmosfer dan kolom air. Pola peningkatan DO dari wilayah dekat pantai menuju perairan lebih terbuka juga sering dilaporkan pada studi perairan pesisir, terutama pada lapisan permukaan yang mendapatkan aerasi lebih intens (Zheng et al., 2023).

DO pada saluran inlet mangrove padat (3,6 mg/L) tergolong lebih rendah dari kisaran yang sering dilaporkan beberapa penelitian terdahulu yang relevan. Beberapa studi di ekosistem mangrove Indonesia umumnya melaporkan DO sekitar ≥ 5 mg/L pada banyak lokasi. di kawasan mangrove Karimunjawa, DO berkisar 5,5–6,5 mg/L dan sekitar 5,0–5,5 mg/L pada pengamatan perairan mangrove yang mempertimbangkan pasang-surut. Selain itu, penelitian di perairan pesisir/estuari Indonesia juga menunjukkan DO dapat berada pada kisaran 4–6 mg/L dan berubah antar stasiun mengikuti gradien dari badan sungai menuju laut. DO yang rendah pada saluran inlet mangrove diindikasikan adanya kondisi lokal saat sampling (Cahyadi et al., 2024; Batubara, 2024).

Nilai DO yang lebih rendah secara proses pada lokasi mangrove padat, dipicu oleh kombinasi tingginya input serasah/partikel organik, respirasi mikroba yang meningkat, dan proses penguraian yang “memakan” oksigen, terutama bila perairan relatif tenang sehingga re-aerasi dan pencampuran terbatas. Dengan kata lain, bila lokasi mangrove padat memiliki akumulasi bahan organik dan/atau sirkulasi yang lebih lemah pada waktu sampling, DO dapat turun walaupun lokasinya masih satu sistem perairan (Kamal & Lubis, 2025).

Sementara itu, mangrove sedang (DO 6,8 mg/L) menunjukkan nilai DO yang lebih baik dibanding mangrove padat (3,6 mg/L). Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilaporkan bahwa secara fungsional, zona mangrove sedang/green belt biasanya memiliki konektivitas pasang-surut dan flushing yang relatif lebih efektif dibanding mangrove yang sangat rapat, sehingga suplai oksigen dari air laut dan proses pencampuran dapat menggantikan oksigen yang hilang akibat respirasi dan dekomposisi. Dengan kata lain, keseimbangan antara produksi O_2 (misalnya dari fotosintesis pada siang hari) dan konsumsi O_2 (respirasi mikroba + dekomposisi) lebih terjaga pada lokasi dengan pertukaran air lebih baik. Dinamika pasang-surut diketahui berperan dalam memasok oksigen terlarut ke sistem pesisir melalui inflow saat pasang dan pertukaran air pori, sehingga berkontribusi terhadap variasi DO di habitat mangrove (Miao et al., 2023)

Dengan demikian, DO tertinggi pada perairan kontrol menunjukkan peran pencampuran fisik (gelombang/arus dan mixing oleh angin) laut terbuka dalam menjaga oksigen terlarut (Zheng et al., 2023), sedangkan nilai DO yang lebih rendah pada mangrove padat mengindikasikan dominasi konsumsi oksigen oleh proses dekomposisi bahan organik dan terbatasnya sirkulasi air. Nilai DO pada mangrove sedang yang tetap di atas 5 mg/L menunjukkan bahwa pertukaran air pasang-surut yang lebih efektif mampu menjaga kestabilan oksigen terlarut pada saluran inlet.

2.5.6 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD (Biochemical Oxygen Demand; sering ditulis BOD₅) adalah besarnya kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik yang mudah terdegradasi di dalam air selama periode inkubasi tertentu (umumnya 5 hari), sehingga BOD dipakai sebagai indikator beban pencemaran organik dan potensi “tarikan” oksigen yang dapat menurunkan DO ketika dekomposisi berlangsung intensif (ISO, 2019; European Environment Agency, 2025). Dalam sistem perairan pesisir–estuari, saluran inlet, dan perairan sekitar mangrove–tambak, BOD penting karena membantu menjelaskan mengapa DO bisa menurun: semakin tinggi masukan bahan organik (misalnya serasah/partikel organik tersuspensi), semakin besar kebutuhan oksigen untuk proses penguraian; dampaknya relevan bagi organisme akuatik dan budidaya karena kondisi DO rendah dapat memicu stres fisiologis dan menurunkan performa budidaya. (European Environment Agency, 2025; Kamal et al., 2025).

Dalam konteks budidaya tambak udang, sumber utama peningkatan beban organik yang berkontribusi pada BOD antara lain sisa pakan yang tidak termakan, feses udang, plankton mati, dan partikel organik yang mengendap; karena itu pengelolaan kualitas air (misalnya aerasi, pengendapan, dan/atau unit pengolahan air buangan) ditujukan untuk menekan beban organik agar tidak memicu konsumsi oksigen berlebih (Sumaryati et al., 2024).

PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII (Baku Mutu Air Laut) menetapkan ambang BOD₅ maksimum 10–20 mg/L (tergantung peruntukan perairan), sehingga hasil BOD pada lokasi penelitian dapat dievaluasi dengan merujuk pada batas regulatif tersebut untuk melihat apakah beban organik masih dalam rentang yang diperkenankan bagi fungsi perairan. (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Tabel 11 BOD Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	BOD Minimum (mg/L)	BOD Maksimum (mg/L)	BOD Rata-Rata (mg/L)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	1,94	2,49	2,28
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	1,85	2,41	2,06
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	1,78	2,61	2,22
Baku Mutu Air Laut				20

Berdasarkan Tabel 2.11 Nilai BOD pada semua titik stasiun berkisar antara 2,06 – 2,28 mg/L yang menunjukkan beban bahan organik mudah terurai relatif rendah. Menunjukkan perbedaan antara stasiun yang sangat kecil (selisih maksimum 0,22 mg/L), sehingga menggambarkan beban organik biodegradable yang relatif rendah dan tidak menunjukkan perbedaan yang kontras antar kategori tutupan pada saat sampling. PP No. 22 Tahun 2021 (Lampiran VIII), BOD₅ yang diizinkan untuk peruntukan air laut untuk wisata bahari/biota laut 20 mg/L), sehingga seluruh nilai BOD penelitian ini masih jauh di bawah ambang baku mutu dan tidak mengindikasikan tekanan organik yang berat pada saat pengukuran.

Studi di kawasan mangrove sekitar tambak udang vaname di Pesisir Selatan, Sumatera Barat melaporkan BOD 1,82–2,33 (satuan pada artikel ditulis ppm). Rentang tersebut sejalan dengan kisaran BOD penelitian ini (2,06–2,28 mg/L), sehingga menginterpretasi bahwa BOD pada saluran inlet di lokasi penelitian berada pada level “rendah–sedang” dan perubahan antar stasiun kecil. Lokasi mangrove berpotensi menerima

suplai bahan organik (misalnya dari serasah/partikulat organik) dan penguraian bahan organik ini berkaitan dengan konsumsi oksigen, sementara dinamika arus–pasang surut/pertukaran massa air juga dapat membuat konsentrasi parameter kualitas air berubah cepat dalam skala waktu pendek, sehingga perbedaan antar titik sangat mungkin dipengaruhi fase pasang-surut saat sampling. (Kamal et al., 2025; Abyantara et al., 2024; Nascimento et al., 2021).

BOD yang rendah mengindikasikan bahwa konsumsi oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik tidak besar, sehingga perairan relatif tidak menerima beban organik tinggi pada saat pengambilan sampel. Menurut Florida DEP (2021) dan Effendi (2020), BOD < 3 mg/L mengindikasikan perairan relatif bersih, rendah pencemar organik. Konsisten dengan ekosistem mangrove yang umumnya yakni menyaring bahan organik, meningkatkan dekomposisi aerobik oleh mikroba, memperbaiki kualitas air sebelum masuk ke tambak (Chen et al., 2023; Yulma et al., 2022).

BOD di inlet mangrove padat sedikit lebih tinggi dibanding lokasi lain. Hal ini disebabkan limpahan serasah (litterfall). Mangrove padat menghasilkan biomassa daun, ranting, dan akar yang jauh lebih tinggi sehingga terdekomposisi dan melepaskan bahan organik terlarut. Menurut Bui et al. (2021), hutan mangrove padat dapat meningkatkan bahan organik terlarut lebih banyak dibanding jarang. Selain itu, akar mangrove padat memerangkap sedimen membentuk sedimentasi tinggi dan perangkap bahan organik sehingga meningkatkan beban BOD. Mangrove padat berpotensi meningkatkan sumber bahan organik alami, tetapi pada data ini dampaknya masih rendah dan tidak mencolok.

Pada kawasan mangrove sedang, nilai BOD lebih rendah dibanding mangrove padat. Hal ini karena struktur vegetasi/kepadatan mangrove sedang lebih jarang sehingga input akumulasi bahan organik (biomassa dan serasah) mudah terurai relatif lebih rendah. Selain itu, struktur mangrove sedang lebih renggang sehingga pertukaran air lebih cepat menyebabkan akumulasi bahan organik berkurang. Karena kepadatan sedang, jumlah penumpukan serasah yang terdekomposisi juga tidak sebanyak pada kepadatan tinggi.

Pada titik kontrol laut terbuka, nilai BOD relatif sedikit lebih rendah. Hal ini dikarenakan rendahnya input bahan organik, sirkulasi terbuka atau proses pergantian /pencampuran air lebih kuat sehingga konsentrasi bahan organik cenderung lebih terencerkan, Sejalan dengan Park & Lee (2021), bahwa BOD di laut terbuka umumnya 1–3 mg/L.

Dari hasil pengukuran DO yang didapatkan pada tabel 2.10, menggambarkan kondisi titik 2 yang sangat dipengaruhi oleh mangrove. Nilai DO titik 2 lebih rendah jika dibandingkan nilai DO pada titik 7 (laut terbuka tanpa mangrove). Hal ini terjadi karena kepadatan pohon mangrove padat memiliki serasah (daun, ranting) yang lebih banyak sehingga memicu banyak proses dekomposisi oleh mikroba. Proses dekomposisi oleh mikroba ini bersifat aerob sehingga membutuhkan banyak oksigen atau BOD yang tinggi, menyebabkan nilai DO berkurang atau sedikit dalam kolom air. Selain itu, respirasi mikroba melepaskan CO₂ yang meningkatkan keasaman akibat proses dekomposisi mikroba. Kondisi ini yang membuat nilai pH pada titik 2 (mangrove padat) memiliki nilai pH lebih rendah jika dibandingkan titik 7 (laut terbuka tanpa mangrove) memiliki nilai pH tinggi cenderung ke basah.

2.5.7 Ortofosfat

Ortofosfat (PO₄–P) adalah fraksi fosfat anorganik paling sederhana dan paling mudah langsung dimanfaatkan oleh organisme fitoplankton/mikroalga sehingga sering dipakai sebagai indikator ketersediaan fosfor terlarut dan tingkat kesuburan perairan. Dalam sistem pesisir estuari, saluran inlet, hingga perairan sekitar tambak, ortofosfat penting karena menjadi salah satu pengendali produktivitas primer. Pada kadar yang memadai, ia mendukung pembentukan biomassa fitoplankton (yang berpengaruh pada rantai makanan), tetapi pengayaan berlebihan dapat mendorong ledakan alga atau *alga bloom*, meningkatkan variabilitas kualitas air, dan berasosiasi dengan penurunan oksigen terlarut (misalnya melalui respirasi malam hari serta dekomposisi biomassa), sehingga berimplikasi pada stabilitas lingkungan budidaya. PP No. 22 Tahun 2021 menetapkan ambang ortofosfat (PO₄–P) 0,015 mg/L untuk peruntukan biota laut pada lampiran baku mutu air laut, sehingga hasil ortofosfat penelitian dapat dibaca ganda, sebagai indikator status nutrien yang memengaruhi dinamika produktivitas primer dan sebagai pembanding terhadap batas yang ditetapkan untuk perlindungan ekosistem perairan penerima. (Hatulesila et al., 2025; Mumtaz et al., 2025; Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Tabel 12 Ortofosfat Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	PO ₄ -P Minimum (mg/L)	PO ₄ -P Maksimum (mg/L)	PO ₄ -P Rata-Rata (mg/L)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	<0.020	0.062	0,03
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	0,19	0,22	0,21
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	<0.020	0,026	0,02
Nilai Baku Mutu air laut				0,015

Berdasarkan Tabel 2.12, konsentrasi ortofosfat berada pada kisaran 0,02–0,21 mg/L, dengan nilai tertinggi pada saluran inlet mangrove sedang (0,21 mg/L), diikuti inlet mangrove padat (0,03 mg/L), sedangkan nilai terendah terdapat pada kontrol laut terbuka (0,02 mg/L). Seluruh nilai yang terukur pada tiga lokasi tersebut berada di atas ambang baku mutu untuk biota laut, terutama pada lokasi inlet pengaruh mangrove sedang yang menunjukkan peningkatan paling menonjol. Kondisi ini mengarah pada indikasi adanya beban nutrisi fosfor yang relatif lebih tinggi pada segmen saluran inlet mangrove sedang dibanding dua lokasi lainnya, sehingga perlu dibaca bersama konteks sumber masukan (aktivitas tambak/ permukiman/ limbah) dan dinamika hidrodinamika setempat.

Titik kontrol memiliki nilai fosfat sangat rendah 0,02 mg/L. Hal ini sesuai karakteristik alami air laut terbuka, yakni sedikit input nutrisi, tidak ada dekomposisi serasah mangrove, tidak ada aktivitas tambak, serta mengalami pencampuran (mixing) lebih kuat sehingga konsentrasi nutrisi cenderung lebih terencerkan. Perbedaan besar antara kontrol (0,02 mg/L) dan lokasi mangrove (>0,20 mg/L) menunjukkan pengaruh nyata ekosistem mangrove dan tambak terhadap peningkatan fosfat.

Perbedaan konsentrasi ortofosfat pada 2 saluran inlet pada mangrove padat dan sedang dapat dipengaruhi oleh proses penahanan ortofosfat dan perubahan nutrisi ortofosfat di zona akar mangrove. Pada zona mangrove padat dengan struktur akar yang kompleks, khususnya pneumatofor, dapat memperlambat aliran, meningkatkan waktu tinggal air, serta memperbesar kontak air ke sedimen sehingga memperkuat penyerapan dan retensi nutrisi termasuk fosfor di sekitar vegetasi mangrove (Partani et al., 2024). Selain itu, fosfat diketahui mudah terikat pada partikel halus (lempung) dan bahan organik, sehingga banyak tersimpan di sedimen dibandingkan berada bebas sebagai fosfat terlarut (Dharmayasa et al., 2025). Namun, pada kondisi arus dan turbulensi yang lebih tinggi seperti pada zona mangrove sedang, sedimen dapat mengalami resuspensi dan justru melepaskan kembali nutrisi ke kolom air, sehingga konsentrasi fosfat terlarut dapat meningkat pada saluran yang lebih dinamis (Wu et al., 2020).

Terjadi penurunan konsentrasi fosfat pada inlet dengan tutupan mangrove padat. Hal ini karena zona perakaran mangrove (rhizosfer) berperan sebagai penyerap nutrisi dimana fosfat merupakan unsur esensial untuk pertumbuhan jaringan tanaman, sehingga fosfat terlarut cenderung cepat dimanfaatkan dan menurun pada perairan yang melewati area mangrove dengan biomassa akar tinggi (Inoue et al., 2022). Selain itu, fosfat memiliki kecenderungan kuat untuk berikatan (teradsorpsi) pada partikel sedimen halus seperti fraksi liat serta bahan organik, sehingga fosfat tidak selalu bertahan dalam bentuk terlarut. Pada kondisi aliran atau turbulensi yang lebih tinggi, partikel tersuspensi dapat mengalami pengendapan di area tertentu dan membawa fosfat ikut terakumulasi ke sedimen, yang pada akhirnya menurunkan konsentrasi fosfat terlarut di kolom air (Wang et al., 2006; Reddy & DeLaune, 2008; Aisyah et al., 2024).

Nilai fosfat tinggi pada saluran inlet mangrove sedang (0,21) menunjukkan adanya pengayaan nutrisi di zona pesisir. Secara ekologis, pola puncak ortofosfat pada mangrove sedang masih masuk untuk lingkungan pesisir yang dipengaruhi aktivitas darat dan perikanan budidaya, karena sistem mangrove dapat menyuplai fosfor terlarut melalui dekomposisi serasah dan ekspor zat terlarut dari sedimen (outwelling), sehingga meningkatkan konsentrasi ortofosfat pada perairan sekitar (Vinh et al., 2020). Selain itu, sedimen mangrove

juga berperan sebagai penyimpan dan pengatur dinamika fosfat melalui proses akumulasi dan pelepasan kembali tergantung kondisi kimia perairan (Nascimento et al., 2024). Banyak studi Indonesia menunjukkan fosfat dapat meningkat pada area yang menerima masukan antropogenik dan/atau mengalami proses resuspensi pelepasan dari sedimen. Contohnya, penelitian di Perairan Kaliratu, Kebumen melaporkan fosfat pada kisaran 0,074–0,431 mg/L (rata-rata 0,165 mg/L) dan menautkannya dengan dinamika spasial (kedekatan sumber/arus pasang surut) serta potensi status kesuburan yang lebih tinggi di area tertentu. Nilai 0,21 mg/L pada penelitian ini berada dalam rentang tersebut sehingga wajar ditafsirkan sebagai sinyal pengayaan fosfor lokal. Di sisi lain, riset pada zona outlet tambak di kawasan mangrove Pasuruan menegaskan bahwa sistem budidaya intensif berasosiasi dengan kenaikan beban nutrisi dan degradasi kualitas air. Dengan demikian, perbedaan hasil penelitian ini terhadap lokasi lain (atau antar studi) sebaiknya dijelaskan melalui kombinasi faktor, seperti variasi input budidaya, karakteristik sedimen, intensitas pasang-surut, serta konektivitas hidrologi saluran, karena faktor-faktor tersebut sangat menentukan akumulasi maupun pengenceran ortofosfat dalam skala ruang-waktu yang pendek (Mumtaz et al., 2025; Rizky et al., 2025).

2.5.8 Nitrat

Nitrat (NO_3^-) merupakan bentuk nitrogen anorganik yang paling teroksidasi dan di perairan umumnya terbentuk melalui proses nitrifikasi (oksidasi berjenjang amonia $\rightarrow$ nitrit $\rightarrow$ nitrat) oleh mikroorganisme aerob sehingga nitrat sering dipakai sebagai indikator akumulasi beban nitrogen terlarut yang berasal dari peluruhan bahan organik, limpasan daratan, serta sisa pakan dan ekskresi organisme pada sistem budidaya (Luo et al., 2020; Surya et al., 2024). Nitrat penting dalam sistem perairan karena menjadi salah satu sumber hara utama bagi fitoplankton/makroalga. Ketika kadar nitrat berlebih, dapat mendorong eutrofikasi dan pertumbuhan alga berlebihan yang berpotensi membuat kualitas air lebih tidak stabil serta menurunkan daya dukung perairan bagi biota (Surya et al., 2024). Nitrat menjadi indikator penting karena mencerminkan tingkat pemasukan/akumulasi nutrisi dari limpasan daratan, aktivitas budidaya (pakan, feses), serta pertukaran massa air di perairan pesisir; pada kadar tinggi, nitrat dapat mempercepat eutrofikasi yang berujung pada ledakan alga dan penurunan kualitas perairan (misalnya hipoksia) sehingga relevan untuk menilai kesehatan saluran inlet tambak dan perairan sekitarnya (Tagulao et al., 2023). Sebagai rujukan baku mutu, PP RI No 22 Tahun 2021 menetapkan untuk air laut (Lampiran VIII) nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) sebesar 0,06 mg/L untuk peruntukan biota laut dan wisata bahari. Dalam konteks pengelolaan tambak, literatur budidaya juga merekomendasikan nitrat dipertahankan pada kisaran rendah (misalnya <5 mg/L sebagai nitrat) untuk menjaga stabilitas lingkungan budidaya dan meminimalkan risiko gangguan kualitas air selama pemeliharaan (Nazarudin et al., 2025).

Tabel 13 Nitrat Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	NO_3^- Minimum (mg/L)	NO_3^- Maksimum (mg/L)	NO_3^- Rata-Rata (mg/L)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	0.073	0.39	0,23
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	0,096	0,44	0,25
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	0.058	0,29	0,16
Nilai Baku Mutu air laut				0,06

Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi nitrat berada pada kisaran 0,16–0,25 mg/L, dengan nilai tertinggi pada saluran inlet mangrove sedang (0,25 mg/L), diikuti mangrove padat (0,23 mg/L), sedangkan titik kontrol (laut terbuka) menunjukkan nilai terendah (0,16 mg/L). Nilai nitrat yang lebih rendah pada titik kontrol (laut terbuka) (0,16 mg/L) karena perairan yang lebih terbuka umumnya mengalami pengenceran dan

pencampuran (mixing) yang kuat, sehingga konsentrasi nutrisi terlarut cenderung lebih rendah dibanding zona inlet pesisir yang menerima input organik dan proses biogeokimia lebih intensif (Toan et al., 2025).

Pada zona mangrove padat, akumulasi serasah dan bahan organik memang tinggi, sehingga produksi amonium dari dekomposisi dapat besar. Namun, nilai nitrat pada inlet mangrove padat lebih rendah sedikit (0,23 mg/L) dari mangrove sedang (0,25 mg/L). kondisi ini wajar pada sistem inlet tambak pesisir karena konsentrasi nitrat yang terukur di lapangan merupakan hasil akhir dari dua proses yang berjalan bersamaan yakni masukan nitrogen dari aktivitas budidaya/limpasan (misalnya sisa pakan, feses, dan aliran dari daratan) yang meningkatkan beban nitrogen terlarut dan proses pengolahan di zona mangrove yang dapat menahan, mengubah, atau menghilangkan nitrogen melalui interaksi sedimen akar mikroba. Artinya pada saat sampling, nilai di lokasi bermangrove bisa tampak lebih tinggi, lebih rendah, atau mirip kontrol tergantung kondisi saat itu konektivitas air (salurannya lancar atau tidak), seberapa besar air pasang surut, dan seberapa banyak nutrisi masuk (Tagulao et al., 2023).

Temuan perbedaan kecil antar tutupan juga sejalan dengan bukti lapangan bahwa efek mangrove kadang tidak langsung terlihat kuat bila dipengaruhi waktu sampling dan kondisi hidrodinamika. Studi lapangan dan mesokosmos di Makau menunjukkan bahwa pada survei lapangan tidak selalu ada perbedaan signifikan kadar nutrisi antara area dengan dan tanpa mangrove, dan penulis mengaitkannya dengan kondisi saat sampling serta kepadatan mangrove. Namun pada eksperimen terkontrol (mesokosmos), efek keberadaan mangrove dan sedimen terhadap degradasi nutrisi tampak lebih jelas. Ini menguatkan argumen bahwa hasil antar lokasi pada penelitian ini dapat berbeda tipis karena faktor waktu (fase pasang-surut), kekuatan pencampuran/flushing, dan konektivitas saluran (Tagulao et al., 2023).

Nilai nitrat lebih tinggi pada titik inlet mangrove sedang (titik 5) (0,25 mg/L) karena pasang-surut lebih terbuka pada daerah greenbelt dibanding mangrove yang sangat rapat. Kondisi ini membuat air lebih sering mengalami pencampuran dan suplai oksigen, sehingga proses nitrifikasi (pembentukan nitrat) lebih aktif dan nitrat terlarut lebih mudah muncul di kolom air (Yan et al., 2024).

2.5.9 Nitrit

Nitrit (NO_2^- ; sering dinyatakan sebagai $\text{NO}_2\text{-N}$) adalah bentuk nitrogen anorganik terlarut yang umumnya muncul sebagai produk antara (intermediate) dalam transformasi nitrogen, terutama saat amonia dari limbah organik (sisa pakan, feses, dan dekomposisi bahan organik) dioksidasi oleh bakteri menuju nitrat, sehingga akumulasinya sering menandakan proses nitrifikasi yang “tidak tuntas” atau ketidakseimbangan proses mikroba dalam kolom air/sedimen (Duan et al., 2024; Jie et al., 2026). Dalam sistem perairan budidaya tambak, nitrit penting dipantau karena bersifat toksik. Pada organisme akuatik nitrit dapat mengganggu fungsi fisiologis terkait pengangkutan oksigen dan regulasi ion, memicu stres oksidatif, respons imun abnormal, hingga kerusakan jaringan; pada udang vaname, paparan nitrit telah dilaporkan menurunkan kinerja pertumbuhan dan mengubah respons kesehatan (misalnya perubahan imun dan gangguan mikrobiota usus) pada paparan kronis, serta pada paparan 1–5 mg/L ($\text{NO}_2\text{-N}$) selama 48 jam dapat merusak integritas mukosa usus dan memicu perubahan ekspresi gen terkait stres–imun–metabolisme (Huang et al., 2020; Duan et al., 2024). Karena itu, nitrit dipakai sebagai indikator penting keamanan kualitas air dan stabilitas proses biogeokimia nitrogen di perairan budidaya; sebagai rujukan baku mutu perairan umum di Indonesia, PP No. 22 Tahun 2021 menetapkan nitrit (sebagai N) = 0,06 mg/L untuk air sungai Kelas 1–3, sedangkan untuk konteks operasional pengelolaan kualitas air tambak, literatur budidaya semi-intensif merekomendasikan nitrit dijaga < 0,3 mg/L (dan dicatat kisaran kendali yang umum digunakan berada pada level rendah, misalnya sekitar 0,02–0,40 mg/L, dengan risiko toksik meningkat saat mendekati batas atas) (Nazarudin et al., 2025).

Tabel 14 Nitrit Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	NO_2^- Minimum (mg/L)	NO_2^- Maksimum (mg/L)	NO_2^- Rata-Rata (mg/L)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	<0.0063	<0.0063	<0.0063

Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	<0.0063	<0.0063	<0.0063
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	<0.0063	<0.0063	<0.0063

Berdasarkan hasil uji laboratorium, konsentrasi nitrit (NO_2^-) pada seluruh stasiun nitrit tidak terdeteksi atau sangat rendah ($<0.0063 \text{ mg/L}$), menunjukkan bahwa nitrit tidak terakumulasi pada perairan penelitian dan proses nitrifikasi di perairan penelitian berjalan efektif. Secara biogeokimia, nitrit merupakan senyawa nitrogen yang tidak stabil di perairan dan secara cepat dioksidasi menjadi nitrat pada kondisi aerob (beroksigen), sehingga keberadaannya jarang terdeteksi dalam konsentrasi tinggi atau jarang bertahan lama di kolom air. Hal ini sejalan dengan temuan Gao et al. (2020) dan Li et al. (2021) yang menjelaskan bahwa ekosistem pesisir tropis cenderung menunjukkan konsentrasi nitrit rendah akibat aktivitas bakteri pengoksidasi nitrit secara nitrifikasi yang intensif. Selain itu, proses-proses siklus nitrogen di ekosistem mangrove memang sangat aktif dan kompleks (melibatkan nitrifikasi, denitrifikasi, serta proses lain), sehingga bentuk nitrogen dapat cepat berubah mengikuti kondisi oksigen dan karakter sedimen (Yan et al., 2024).

Karena semua nilai nitrit pada penelitian ini berada jauh di bawah batas deteksi ($<0,0063 \text{ mg/L}$), maka secara praktis nitrit dapat dikatakan sangat rendah dan tidak mengindikasikan pengayaan nitrit yang berisiko bagi perairan maupun budidaya pada saat pengamatan sehingga tidak dapat digunakan untuk menguji perbedaan antar tutupan mangrove. Secara proses, nitrit memang cenderung bersifat sementara (intermediate) dan dapat cepat teroksidasi menjadi nitrat atau terasimilasi, sehingga kondisi non-detect masih konsisten dengan sistem perairan yang relatif teroksigenasi/terencerkan baik. tetapi tetap bermakna secara ekologi sebagai indikasi bahwa nitrit tidak sedang terakumulasi pada saat pengambilan sampel. Hal ini sejalan dengan penelitian di Pulau Merak Kecil melaporkan bahwa nitrit tidak terdeteksi.

2.5.10 Plankton

Plankton adalah kelompok organisme mikroskopis yang melayang/terapung di kolom air, mencakup fitoplankton (produsen primer) dan zooplankton (konsumen tingkat awal), sehingga parameter plankton dalam kajian kualitas perairan umumnya dinilai melalui kelimpahan (ind/L atau sel/mL), komposisi/kelompok dominan, serta indikator biomassa seperti klorofil-a. Plankton penting karena berperan sebagai dasar rantai makanan, penyedia oksigen melalui fotosintesis (fitoplankton), sekaligus bioindikator yang responsif terhadap perubahan kondisi fisik–kimia (mis. nutrien N–P, salinitas, kecerahan) sehingga dapat mencerminkan tingkat kesuburan perairan dan potensi tekanan eutrofikasi. Pada budidaya tambak, keberadaan fitoplankton yang cukup diinginkan karena membantu stabilitas ekosistem dan mendukung kualitas air, namun pertumbuhan berlebih (algal overgrowth/bloom) dapat menurunkan kualitas lingkungan perairan dan berdampak buruk pada organisme budidaya, sehingga pengendalian plankton menjadi bagian dari manajemen kualitas air. Karena tidak ada satu baku mutu tunggal yang berlaku universal untuk plankton seperti pada parameter kimia (Lien et al., 2023; Musa et al., 2023; Tikue dan Workagegn, 2023).

Tabel 15 Plankton Perairan Pada Saluran Inlet Berdasarkan Tingkat Tutupan Mangrove

Lokasi Pengamatan	Tingkat Tutupan Mangrove	Plankton Minimum (sel/mL)	Plankton Maksimum (sel/mL)	Plankton Rata- (sel/mL)
Titik 2	Mangrove Tutupan Padat	2,194	2,811	2,546
Titik 5	Mangrove Tutupan Sedang	2,420	2,882	2,724
Titik 7	Tanpa mangrove (Kontrol)	2,420	2,881	2,652
Baku Mutu Biota Laut				1.000

Hasil pengukuran menunjukkan kelimpahan plankton rata-rata berada pada kisaran 2,546 – 2,724 sel/mL. Secara umum, perbedaannya sangat kecil, sebagai kecenderungan ekologis sehingga menunjukkan bahwa pada saat pengambilan sampel, kondisi yang mengendalikan plankton, terutama ketersediaan hara (N–P) dan proses pencampuran/flushing di saluran inlet, tidak berbeda tajam antar titik, sehingga respons kelimpahan plankton juga tampak hampir sama meski tutupan mangrove berbeda (Sabar et al., 2024). Dari segi kelimpahan, jumlah plankton yang sangat sedikit. Jika dibandingkan baku mutu, kelimpahan plankton berada jauh di bawah baku mutu biota laut yakni 1000 sel/mL. Hal ini menunjukkan pada saat sampling, kondisi perairan tidak mengindikasikan kondisi bloom (ledakan plankton) yang umumnya terkait risiko eutrofikasi pada perairan pesisir/laut.

Beberapa penelitian menunjukkan besaran kelimpahan plankton dapat sangat berbeda tergantung tipe perairan dan tekanan budidaya. Pada perairan kawasan konservasi (pasca kegiatan pembersihan tumpahan minyak), kelimpahan fitoplankton dilaporkan 0,71–14,30 sel/mL berada pada kondisi yang hampir sama dengan penelitian ini. Sebaliknya, pada tambak udang intensif di Bac Lieu, Vietnam, kepadatan fitoplankton dilaporkan 497–2.229 sel/mL dan 1.301–2.238 sel/mL, jauh lebih tinggi dibanding inlet. Hal ini dapat terjadi karena lingkungan kolam budidaya cenderung memiliki waktu tinggal air lebih lama serta input nutrisi internal lebih besar, bahkan pada budidaya udang vaname yang intensif/super-intensif di Jawa Timur dilaporkan kelimpahan fitoplankton 12.000–80.000 sel/mL dan dikaitkan dengan kondisi perairan eutrofik. Perbedaan angka absolut antarstudi ini wajar dan dapat dipertanggungjawabkan karena dipengaruhi perbedaan kompartemen (inlet vs kolam), intensitas input, dinamika flushing/pasang-surut, serta metode pengambilan dan perhitungan plankton (mis. hemocytometer vs prosedur lain), sehingga perbandingan yang paling kuat adalah pada pola dan ordo besaran bukan menuntut angka yang identik (Lien et al., 2023; Musa et al., 2023).

Rendahnya kelimpahan plankton dapat terjadi dengan beberapa sebab ilmiah, diantaranya konteks inlet yang terbuka, cepat berganti air, dan dipengaruhi pasang-surut. Inlet biasanya punya waktu tinggal air (residence time) yang pendek karena air terus mengalami pergantian akibat pasang-surut dan pencampuran; plankton butuh waktu untuk tumbuh dan menambah biomassa, jadi kalau air cepat keluar-masuk, komunitas plankton mudah terencerkan/terbawa arus sebelum sempat meningkat. Studi estuari menunjukkan siklus pasang (spring–neap) dapat sangat memengaruhi biomassa dan komposisi fitoplankton, dan secara umum faktor hidrologi seperti residence time bersama kontrol fisik (cahaya, suhu) adalah penentu kuat dinamika fitoplankton (Cereja et al., 2021). Kedua, walaupun nutrisi ada, kekeruhan/sedimen tersuspensi yang tinggi di perairan dekat pantai/inlet bisa membuat cahaya jadi faktor pembatas utama, sehingga laju fotosintesis dan pertumbuhan fitoplankton turun (plankton ada, tapi tidak meledak). Literatur estuari modern menegaskan bahwa pada zona dengan sumber SPM/kekeruhan tinggi (maximum turbidity zone), biomassa/produktivitas fitoplankton cenderung menurun karena pembatasan cahaya (Ye et al., 2025). Ketiga, faktor biologis (pemangsaan/grazing) juga bisa menahan plankton tetap rendah: mikrozooplankton merupakan pemakan utama fitoplankton dan dapat mengontrol pertumbuhan fitoplankton melalui mekanisme top-down control, sehingga meskipun ada produksi primer, sebagian besar bisa segera dimakan habis dan tidak terakumulasi sebagai kelimpahan tinggi (Wen et al., 2023). Keempat (ini sering luput), angka bisa tampak rendah karena metode sampling & perhitungan, jika sampel dikonsentrasikan/diambil dengan jaring, organisme lebih kecil dari ukuran mesh bisa lolos, dan proses konsentrasi dapat menyebabkan kehilangan sel (misalnya menempel, tersaring tidak sempurna, atau terganggu oleh detritus/partikel). Paper metodologi terbaru menegaskan potensi kehilangan organisme kecil dan bias saat memakai plankton net/konsentrasi, terutama pada perairan dengan muatan partikel tinggi (Frau et al., 2025).

Selain itu, studi lain mengatakan terjadinya kepadatan rendah karena rendah berada dekat pemukiman perumahan sehingga dampak aktivitas manusia dapat menurunkan/mengganggu kepadatan fitoplankton dibanding lokasi yang jauh dari aktivitas manusia (Arifin dan Arisandi, 2020). Pada studi Estuari Bancaran (Sofyan & Zainuri, 2021), alasan perairan bisa tampak “miskin plankton” dijelaskan lebih langsung lewat mekanisme lapangan: ketika cuaca cerah, intensitas cahaya dan suhu lebih optimal sehingga produktivitas primer dan jumlah fitoplankton cenderung lebih tinggi; tetapi ketika limbah makin banyak, dan

ada aktivitas perahu bermotor yang meningkatkan kekeruhan, produktivitas primer turun. Penulis juga menekankan konteks estuari yang dangkal (mudah keruh saat teraduk) dan bahkan menyebut lokasi tertentu dekat pembuangan sampah/limbah domestik serta sandaran perahu, di mana tumpahan BBM dapat mengganggu proses fotosintesis fitoplankton dan respirasi biota.

2.5.11 Analisis Uji Korelasi

Uji korelasi Pearson adalah analisis statistik untuk mengukur arah dan kekuatan hubungan linier antara dua variabel kuantitatif (misalnya persen tutupan mangrove dengan nitrit, nitrat, fosfat, DO, atau BOD), yang diringkas oleh koefisien r bernilai -1 sampai $+1$; nilai r yang mendekati $+1$ menunjukkan hubungan positif yang kuat, mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat, sedangkan r mendekati 0 mengindikasikan tidak tampak hubungan linier pada data sampel. (Wisniewski & Brannan, 2024; Musa et al., 2023). Dalam konteks kualitas perairan dan budidaya tambak, uji ini penting karena membantu mengidentifikasi parameter yang bergerak bersama (misalnya keterkaitan indikator organik dengan DO, atau pola keterkaitan antar-nutrien), sehingga interpretasi proses perairan menjadi lebih berbasis data dan dapat mendukung fokus pengelolaan kualitas air; signifikansi hubungan biasanya dinilai melalui uji statistik (mis. *p-value/t-test*) sehingga pembaca memahami apakah pola yang terlihat cukup kuat secara statistik pada sampel penelitian. (Musa et al., 2023). Namun, korelasi Pearson tidak membuktikan sebab akibat dan dapat menyesatkan bila hubungan sebenarnya tidak linier, data banyak pencilan (outlier), atau asumsi statistik tidak terpenuhi, sehingga hasil korelasi perlu dibaca sebagai asosiasi yang kemudian dijelaskan dengan mekanisme ekologis/hidrologis yang relevan, dan bila data bersifat ordinal/tidak memenuhi asumsi parametris atau hubungan cenderung nonlinier, korelasi nonparametrik (misalnya Spearman) lebih tepat dipertimbangkan (Janse et al., 2021; Wisniewski & Brannan, 2024).

Tabel 16 Matrix Korelasi Pearson Antara Tutupan Mangrove dan Seluruh Parameter Kualitas Air

Parameter Kualitas Air	r	p -value	Keterangan
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	-0,132	0,778	Tidak Signifikan
Salinitas (ppt)	0,237	0,609	Tidak Signifikan
Kekeruhan (NTU)	-0,200	0,668	Tidak Signifikan
pH	-0,529	0,222	Tidak Signifikan
DO (mg/L)	-0,502	0,251	Tidak Signifikan
BOD	0,315	0,491	Tidak Signifikan
Nitrat (mg/L)	0,499	0,254	Tidak Signifikan
Nitrit (mg/L)	-0,154	0,741	Tidak Signifikan
Ortofosfat (mg/L)	0,154	0,742	Tidak Signifikan
Kelimpahan Plankton (sel/mL)	-0,459	0,300	Tidak Signifikan

Dari hasil Uji Korelasi Pearson, menunjukkan semua nilai $p > 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa semua parameter kualitas air tidak memiliki hubungan yang signifikan secara statistik dengan tingkat tutupan mangrove yang berbeda. Dengan adanya hasil tersebut, tidak sama dengan “tidak ada pengaruh sama sekali”, tetapi lebih tepat dibaca sebagai data dan ukuran sampel yang digunakan, hubungan linier yang konsisten belum terdeteksi secara meyakinkan. Hal ini juga tidak menyatakan kegagalan penelitian, melainkan gambaran karakteristik sistem perairan pesisir estuaria yang bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan yang berubah cepat seperti pasang-surut, musim/curah hujan, pertukaran air, serta masukan dari aktivitas manusia sehingga sinyal tutupan mangrove sering tidak muncul sebagai garis lurus sederhana pada satu waktu pengambilan sampel. Literatur menunjukkan dinamika nutrisi dan kondisi perairan di mangrove sangat dipengaruhi distribusi vegetasi, siklus pasang-surut, dan musim, serta bisa bergeser antara pola source–sink tergantung kondisi hidrologi dan masukan dari hulu (Tailardat et al., 2019).

Walau hasil Uji Korelasi Pearson tidak signifikan ($p > 0,05$), beberapa nilai r cukup menengah, yakni pH $r = -0,529$; DO $r = -0,502$; nitrat $r = 0,499$; kelimpahan plankton $r = -0,459$. Dalam praktik statistik, r sekitar $0,3$ sering dibaca sedang dan r sekitar $0,5$ cukup kuat sebagai besaran efek, tetapi besaran efek ini tetap bisa

gagal signifikan jika ukuran sampel kecil atau varians data besar; karena itu p-value tinggi. Dengan demikian, ada kecenderungan arah hubungan (ditunjukkan r), tetapi bukti statistiknya belum kuat (p-value tidak signifikan), hal ini dapat terjadi karena keterbatasan daya uji dan kondisi lapangan sangat berubah-ubah (Wang, 2019).

Meskipun hubungan statistik yang signifikan tidak terdeteksi hasil pengamatan secara deskriptif menunjukkan adanya kecenderungan perbedaan nilai beberapa parameter kualitas air antar lokasi dengan tingkat tutupan mangrove yang berbeda. Perbedaan ini terlihat pada variasi nilai suhu, kekeruhan, oksigen terlarut, serta konsentrasi nutrisi pada saluran inlet tambak yang dilalui mangrove dengan kerapatan berbeda. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa mangrove berpotensi memodifikasi kondisi perairan melalui mekanisme ekologis tertentu, seperti memodifikasi dinamika perairan, sehingga memperbesar peluang pengendapan partikel/sedimen halus dan mengubah kondisi kekeruhan serta transport material terlarut di kolom air (Deitrick et al., 2023). Selain itu, proses hidro-biogeokimia di ekosistem mangrove dapat membentuk pola sumber serapan nutrisi yang dinamis mengikuti siklus pasang-surut (misalnya menjadi “sink” untuk nitrat pada kondisi tertentu), sehingga konsentrasi nutrisi dapat berbeda antar segmen saluran yang terpapar mangrove dengan intensitas berbeda (Wang et al., 2021). Pada saat yang sama, degradasi bahan organik di zona mangrove, terutama ketika waktu tinggal air meningkat, dapat menurunkan DO dan mendorong kondisi hipoksia/acidifikasi lokal, yang secara praktis dapat tercermin pada perbedaan DO dan parameter terkait di lokasi bertutupan mangrove berbeda (Ma et al., 2024).

Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa keberadaan mangrove dapat memengaruhi karakter fisik dan kimia perairan pesisir secara deskriptif, meskipun tidak selalu menunjukkan hubungan statistik yang signifikan. Putra dan Hendrasarie (2022), misalnya, menemukan bahwa kerapatan mangrove berkaitan dengan variasi suhu, kecerahan, dan salinitas perairan estuari, namun kekuatan hubungan statistiknya berbeda-beda antar parameter dan lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh mangrove terhadap kualitas air sangat bergantung pada kondisi lokal dan dinamika hidrodinamika setempat.

Di sisi lain, beberapa penelitian lain melaporkan hasil yang berbeda dengan menunjukkan hubungan yang lebih kuat antara tutupan mangrove dan kualitas air. DasGupta dan Shaw (2019) serta Mukherjee et al. (2020) menemukan bahwa wilayah dengan tutupan mangrove yang lebih baik cenderung memiliki kualitas perairan yang lebih stabil dan mendukung aktivitas perikanan. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan oleh perbedaan desain penelitian, durasi pengamatan, skala spasial, serta karakteristik hidrologi lokasi penelitian. Studi-studi tersebut umumnya menggunakan data jangka panjang atau membandingkan kondisi sebelum dan sesudah rehabilitasi, sehingga mampu menangkap pengaruh mangrove secara lebih jelas.

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa sebagian besar parameter kualitas air tidak memiliki hubungan yang signifikan secara statistik dengan tingkat tutupan mangrove ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa pada skala spasial dan temporal penelitian ini, variasi kualitas air di saluran inlet tambak lebih dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika seperti pasang surut, waktu pengambilan sampel, dan proses pencampuran massa air, dibandingkan oleh tutupan mangrove semata. Meskipun demikian, secara deskriptif terdapat kecenderungan perbedaan nilai beberapa parameter kualitas air antara lokasi dengan tutupan mangrove yang berbeda, yang menunjukkan potensi peran ekologis mangrove dalam memodifikasi kondisi perairan inlet tambak.

Dengan demikian, perbedaan antara hasil penelitian ini dan penelitian lain tidak bersifat kontradiktif, melainkan saling melengkapi. Penelitian ini memberikan gambaran bahwa pada pengamatan satu periode waktu, pengaruh mangrove terhadap kualitas air lebih tampak secara deskriptif daripada secara statistik. Hal ini memperkuat pandangan bahwa mangrove berperan sebagai komponen ekosistem yang bekerja bersama faktor lingkungan lain dalam memengaruhi kondisi perairan pesisir. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tetap relevan secara ilmiah dan dapat menjadi dasar untuk penelitian lanjutan dengan pendekatan time series atau pengamatan musiman guna memahami peran mangrove terhadap kualitas air dan keberlanjutan sistem tambak secara lebih komprehensif.

2.6 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kualitas air pada saluran inlet tambak berdasarkan tingkat tutupan mangrove berbeda di wilayah Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi kualitas air pada saluran inlet tambak menunjukkan variasi nilai antar lokasi dengan tingkat tutupan mangrove yang berbeda, tetapi tidak semua menunjukkan perbedaan yang tajam pada parameter fisik (suhu, kekeruhan, salinitas), kimia (pH, oksigen terlarut (DO), Biological Oxygen Demand (BOD), nitrat, nitrit, fosfat), dan biologi (kelimpahan plankton). Secara umum, kisaran nilai parameter tersebut masih berada pada rentang yang dapat diterima untuk lingkungan perairan tambak. Beberapa parameter memperlihatkan perbedaan kualitas air antara lokasi yang mencerminkan variasi kondisi lingkungan perairan yang dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing lokasi, termasuk keberadaan dan tingkat tutupan mangrove di sekitar saluran inlet tambak.
2. Hasil analisis korelasi antar parameter kualitas air terhadap tingkat tutupan mangrove menunjukkan bahwa sebagian besar parameter tidak memiliki hubungan yang signifikan secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa pada skala ruang dan waktu penelitian ini, variasi kualitas air pada saluran inlet tambak belum dapat dijelaskan secara kuat oleh perbedaan tingkat tutupan mangrove saja, namun penelitian ini dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan lain, seperti dinamika pasang surut, sirkulasi air, dan waktu pengambilan sampel. Meskipun tidak signifikan secara statistik, secara deskriptif, terdapat kecenderungan perbedaan nilai beberapa parameter kualitas air antar lokasi dengan tingkat tutupan mangrove yang berbeda. Temuan ini mengindikasikan bahwa keberadaan mangrove berpotensi dan berperan dalam memodifikasi kondisi biologi, fisik dan kimia perairan inlet tambak, meskipun peran tersebut belum tercermin utuh sebagai hubungan statistik yang signifikan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abyantara, A. N., Wulandari, S. Y., & Atmodjo, W. (2024). Studi sebaran konsentrasi material padatan tersuspensi dan bahan organik total di Perairan Morosari, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 13(1), 151–160. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.42740>
- Aditio, R., Sudiar, N. Y., Dwiridal, L., & Amir, H. (2023). Microclimate characteristics in mangrove forest areas in Padang City. *Journal of Climate Change Society*, 1(2), 104–114. <https://doi.org/10.24036/jccs/Vol1-iss2/17>
- Aisyah, S., Rohaeti, E., Santoso, A. B., & Rafi, M. (2024). Characteristics of phosphate sorption on surface sediments: A study in Kendari Bay. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 30(1), 12–26. <https://doi.org/10.55981/limnotek.2024.2019>
- Akram, H., Hussain, S., Mazumdar, P., Chua, K. O., Butt, T. E., & Harikrishna, J. A. (2023). Mangrove health: A review of functions, threats, and challenges associated with mangrove management practices. *Forests*, 14(9), 1698. <https://doi.org/10.3390/f14091698>
- Anita, A., Andi Arham Atjo, Noor, R. J., & Mahfud, C. R. (2024). Pengaruh perbedaan salinitas terhadap tingkat osmoregulasi larva udang vaname *Penaeus vannamei*. *Jurnal Riset Diwa Bahari (JRDB)*, 2(1), 27–32. <https://ejurnal.itbm.ac.id/jbd/article/download/22/62>
- Arifin, Z., & Arisandi, A. (2020). Kepadatan fitoplankton di pesisir perairan Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(2), 269–277. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i2.8447>
- Asante, F., Sam, C. N., Correia, A. M., Campioli, M., Yeboah, J., Ofori, S. A., Dahdouh-Guebas, F., & Asare, N. K. (2024). Unravelling the impact of environmental variability on mangrove sediment carbon dynamics. *Science of The Total Environment*, 948, 174837. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174837>
- Batubara, L. W., & Santikawati, S. (2024). Selective breeding strategies based on habitat to improve the quality and productivity of locally sourced clams (*Geloina erosa*) in the mangrove waters of Central Tapanuli Regency. *Berkala Perikanan Terubuk*, 52(3), 2793–2803.
- Bui, X. T., Tran, T. H., & Nguyen, H. T. (2021). Dissolved organic matter dynamics in tropical mangrove forests. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112–128.
- Cahyadi, A., et al. (2024). Lampiran VIII Salinan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021: Baku Mutu Air Laut (ketentuan DO untuk biota laut). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PPKL KLHK).

- Cereja, R., Brotas, V., Cruz, J. P. C., Rodrigues, M., & Brito, A. C. (2021). Tidal and physicochemical effects on phytoplankton community variability at Tagus Estuary (Portugal). *Frontiers in Marine Science*, 8, 675699. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.675699>
- Cereja, R., Rosa, A., & Mendes, C. R. B. (2021). Tidal and physicochemical effects on phytoplankton communities in an estuarine system. *Frontiers in Marine Science*, 8, 675699. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.675699>
- Chen, G., Liu, J., Li, H., & Zhang, Y. (2023). Hydrological control of nutrient retention and export in mangrove forests. *Journal of Hydrology*, 624, 129994. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129994>
- Das, S., & Mandal, M. (2023). Effects of mangrove degradation on coastal water turbidity and nutrient dynamics. *Marine Pollution Bulletin*, 190, 115895.
- Dasgupta, R., & Shaw, R. (2019). Participatory mangrove management and impact on livelihood: A study from Indian Sundarbans. *Forests*, 10(10), Article 843. <https://doi.org/10.3390/f10100843>
- Deitrick, A. R., Hovendon, E. H., Ralston, D. K., & Nepf, H. (2023). The influence of vegetation-generated turbulence on deposition in emergent canopies. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1266241. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1266241>
- Dharmayasa, I. G. N. P., Suteja, Y., & Putra, I. D. N. N. (2025). Soil organic matter in natural and rehabilitated mangroves in Benoa Bay, Bali. *Journal of Ecological Engineering*. 26(1), 153–162. <https://doi.org/10.12911/22998993/195515>
- Duan, Y., Zhong, G., Nan, Y., Yang, Y., Xiao, M., & Li, H. (2024). Effects of Nitrite Stress on the Antioxidant, Immunity, Energy Metabolism, and Microbial Community Status in the Intestine of *Litopenaeus vannamei*. *Antioxidants*, 13(11), 1318. <https://doi.org/10.3390/antiox13111318>
- Effendi, H. (2020). Water quality assessment for aquaculture. *Indonesian Journal of Environmental Management*, 6(2), 45–58.
- European Environment Agency. (2025). Oxygen-consuming substances in European rivers (BOD and ammonium): Indicators. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/oxygen-consuming-substances-in-rivers>
- Fatmawati, & Murjani, A. (2024). Buku ajar manajemen budidaya udang di tambak. PT Pena Persada Kerta Utama.
- Florida Department of Environmental Protection. (2021). Surface water quality standards: DO & BOD criteria. Tallahassee, FL.
- Frau, F., Pizzo Junior, E., Cabras, S., Massidda, M., & Marini, E. (2025). Non-linear association between phase angle and body fat in a sample of US adults. *Biology*, 14(11), 1621. <https://doi.org/10.3390/biology14111621>
- Gao, J., Li, Z., & Zhong, Q. (2020). Nitrification efficiency in subtropical estuaries and mangrove creeks under varying oxygen regimes. *Science of the Total Environment*, 703, 134915. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134915>
- González, A. G., et al. (2024). Seasonal variability of coastal pH and CO₂ using an ocean observing buoy system. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1337929>
- Green, M. O., & Coco, G. (2014). Review of wave-driven sediment resuspension and transport in estuaries. *Reviews of Geophysics*, 52(1), 77–117. <https://doi.org/10.1002/2013RG000437>
- Hakim, D. P., Pratama, R. B. K., Hidayat, T., Al Gifari, T. A., Hidayatullah, B., Yana, K. P., & Al Fajar, M. F. (2025). Pengelolaan kualitas air pada pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) intensif di PT Varia Indowin Perkasa Desa Alasrejo, Kecamatan Wongsorejo, Banyuwangi, Jawa Timur. *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 3(2), 26–34. <https://doi.org/10.62951/zoologi.v3i2.196>
- Hatulesila, G. I., Tuhumury, S. F., & Matakupan, J. (2025). Distribusi parameter kualitas air di Teluk Kotania untuk evaluasi kesesuaian budidaya rumput laut. *Juvenil*, 6(3), 232–241. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v6i3.30388>
- Huang, M., Xie, J., Yu, Q., Xu, C., Zhou, L., Qin, J. G., Chen, L., & Li, E. (2020). Toxic effect of chronic nitrite exposure on growth and health in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 529, 735664. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735664>
- Inoue, T., Akaji, Y., Kohzu, A., Hinokidani, K., Adachi, H., Kezuka, M., & Baba, S. (2022). Relationship between plant growth and soil chemical properties in a mangrove afforestation stand, Kiribati. *Plant and Soil*, 479, 559–571. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05545-8>
- International Organization for Standardization. (2019). ISO 5815-1:2019 water quality—Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD_n)—Part 1: Dilution and seeding method with allylthiourea addition. ISO. <https://www.iso.org/standard/31017.html>

- Janse, R. J., Hoekstra, T., Jager, K. J., Zoccali, C., Tripepi, G., Dekker, F. W., & van Diepen, M. (2021). Conducting correlation analysis: Important limitations and pitfalls. *Clinical Kidney Journal*, 14(11), 2332–2337. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfab085>
- Jie, C., Jun, M., Teles, M., Jing, X., & Tort, L. (2026). Toxic impacts of nitrite on fish and intervention strategies. *Environmental Research*, 288(Part 2), 123298. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.123298>
- Kamal, E., Lubis, A. S., Yuspardiarto, Bukhari, & Desmiati, I. (2025). Analisis kualitas air kawasan mangrove sekitar tambak udang vanname di Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 12(1), 23–27. <https://doi.org/10.29103/aa.v1i1.18468>
- Kathiresan, K. (2003). How do mangrove forests induce sedimentation? *Revista de Biología Tropical*, 51(2), 355–360.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2022). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2022 tentang Pedoman Teknis Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*).
- Kir, M., Sunar, M. C., Topuz, M., & Saripek, M. (2023). Thermal acclimation capacity and standard metabolism of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) at different temperature and salinity combinations. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103429. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103429>
- Li, J., Wang, Y., & Xu, T. (2021). Root structural complexity of *Rhizophora* species controls suspended-matter trapping and turbidity reduction. *Marine Ecology Progress Series*, 668, 65–77. <https://doi.org/10.3354/meps13700>
- Lien, N. T. K., Tu, P. T. C., Son, V. N., & Giang, H. T. (2023). Phytoplankton composition in intensive shrimp ponds in Bac Lieu province, Vietnam. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 26(8), 470–481. <https://doi.org/10.47853/FAS.2023.e40>
- López-Portillo, J., Zaldivar-Jiménez, A., Lara, A. L., & Pérez-Ceballos, R. (2022). Hydrological rehabilitation and sediment elevation as strategies to restore mangroves in terrigenous and calcareous environments in Mexico. In *Wetland carbon and environmental management* (pp. 173–190). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119639305.ch9>
- Luo, G., Xu, J., & Meng, H. (2020). Nitrate accumulation in biofloc aquaculture systems. *Aquaculture*, 520, 734675. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734675>
- Ma, Y., Wang, W., Gao, F., Yu, C., Feng, Y., Gao, L., Zhou, J., Shi, H., Liu, C., Kong, D., Zhang, X., Li, R., & Xie, J. (2024). Acidification and hypoxia in seawater, and pollutant enrichment in the sediments of Qi'ao Island mangrove wetlands, Pearl River Estuary, China. *Ecological Indicators*, 158, 111589. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111589>
- Manullang, R., Undap, S. L., Pangkey, H., Kusen, D. J., Kalesaran, O. J., & Longdong, S. N. J. (2023). Kualitas air pada pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) PL 8 PT. Budi Agri Sejahtera, Kecamatan Tempilang, Provinsi Bangka Belitung. *e-Journal Budidaya Perairan*, 11(1), 52–61. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/bdp/article/download/46876/42054/108236>
- Marin Jarrin, M. J., Sutherland, D. A., & Helms, A. R. (2022). Water temperature variability in the Coos Estuary and its potential link to eelgrass loss. *Frontiers in Marine Science*, 9, 930440. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.930440>
- Miao, Y., Wang, B., Li, D., Sun, X., Xu, Z., Sun, Q., Jiang, Z., Ma, X., Jin, H., & Chen, J. (2023). Observational studies of the effects of wind mixing and biological process on the vertical distribution of dissolved oxygen off the Changjiang Estuary. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1081688. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1081688>
- Mukherjee, N., Sutherland, W. J., Khan, M. N. I., Islam, M. A., & Mukul, S. A. (2020). Applying participatory methods to identify ecosystem services and disservices of mangroves: A case study in the Sundarbans. *Ecosystem Services*, 45, Article 101191. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101191>
- Mumtaz, F., Maslukah, L., Widada, S., Zainuri, M., & Endrawati, H. (2025). Pola sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat sebagai indikator kesuburan perairan Pantai Kaliratu, Kabupaten Kebumen. *Indonesian Journal of Oceanography and Coastal Environment (IJOCE)*, 7(3), 201–209. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v7i3.26963>
- Murtadha, H., & Dwiyantri, S. (2025). Manajemen kualitas air pada pembesaran udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Bumi Harapan Jaya, Poto Tano, Sumbawa Barat. *Jurnal Media Akuakultur Indonesia*, 5(4), 198–207.
- Musa, M., Mahmudi, M., Arsad, S., Lusiana, E. D., Sunadji, Wardana, W. A., Ompusunggu, M. F., & Damayanti, D. N. (2023). Interrelationship and determining factors of water quality dynamics in whiteleg shrimp ponds in tropical eco-green aquaculture system. *Journal of Ecological Engineering*, 24(1), 19–27. <https://doi.org/10.12911/22998993/156003>

- Musa, M., Thoyibah, A. A., Puspitaningtyas, D. A., Arsad, S., Mahmudi, M., Lusiana, E. D., Maftuch, & Huda, A. S. (2023). The impact of water quality on the availability of phytoplankton and growth of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Water and Land Development*, 56, 127–135. <https://doi.org/10.24425/jwld.2023.143753>
- Musayyanah, Bayunugraha, E., Harianto, & Pratikno, H. (2024). Analysis of pH and turbidity sensor outputs in shrimp ponds for vannamei shrimp commodities. *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, 8(1), 77–85.
- Nascimento, Â., Biguino, B., Borges, C., Cereja, R., Cruz, J. P. C., Sousa, F., Dias, J., Brotas, V., Palma, C., & Brito, A. C. (2021). Tidal variability of water quality parameters in a mesotidal estuary (Sado Estuary, Portugal). *Scientific Reports*, 11, 23112. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02603-6>
- Nascimento-Silva, G., Oliveira, G. B., Matos, C. R. L., Metzger, E., Sanders, C. J., Marotta, H., Díaz, R., Abril, G., & Machado, W. (2024). Phosphate buffering in mangrove sediment pore water under eutrophication and deforestation influences. *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116130. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116130>
- Nazarudin, M. F., Zulkipli, M. A. F., Samsuri, M. H., Khairil Anwar, N. A. S., Jamal, N. S. A., Alipiah, N. M., Ahmad, M. I., Mohd Nor, N., Md Yasin, I. S., Ikhsan, N., Azmai, M. N. A., & Rosli, M. H. (2025). Optimizing shrimp culture through environmental monitoring: Effects of water quality and metal ion profile on whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance in a semi-intensive culture pond. *Water*, 17(19), 2818. <https://doi.org/10.3390/w17192818>
- Nisa, M. R., Amalia, H. P., Paramitha, L. K., & Sanjayasari, D. (2025). Karakteristik fisika kimia perairan di Randusanga Kulon, Brebes untuk kelayakan kultur kerang hijau (*Perna viridis*). *Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan*, 5(2), 87–99. <https://doi.org/10.55678/jikan.v5i2.2342>
- Notonegoro, H., & Priyambada, A. (2023). Evaluasi mutu kualitas air kolam IPAL tambak udang skala rakyat Desa Kurau Barat Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Enggano*, 8(2), 172–180. <https://doi.org/10.31186/jenggano.8.2.172-180>
- Nugroho, A. E. J. K., Mahdi, I., Samsiyah, I. F., Fitriani, N. P., & Muryani, C. (2025). Dampak ekosistem mangrove terhadap kualitas air laut di wilayah pesisir: Tinjauan ruang lingkup. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 7(4), 339–351. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v7i4.25623>
- Nurbaya, F., & Sari, D. P. (2023). *Parameter Air dan Udara serta Uji Kualitas Air Sungai*. PT Arr Rad Pratama.
- Park, J., & Lee, S. (2021). Biochemical oxygen demand in coastal and offshore waters. *Ocean Science Journal*, 56, 123–136.
- Partani, S., Danandeh Mehr, A., & Jafari, A. (2024). Enhancing nutrient absorption through the influence of mangrove ecosystem on flow rate and retention time in salt marshes. *Science of the Total Environment*, 924, 171518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171518>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Pratiwi, R., Hariyadi, D. R., Zahwa, M. A. D., & Ramadhani, D. E. (2024). The effect of water quality dynamics on the growth performance of vannamei shrimp *Litopenaeus vannamei* in intensive ponds at CV. Daun Prima, East Java. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 8(2), 151–157.
- Putra, B. S. E., & Hendrasarie, N. (2022). The effect of mangrove density to estuary water quality based on physico-chemical parameters at Wonorejo, Surabaya. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 9(2), 75–82.
- Radja, C. H., Lumban Toruan, L. N., & Kangkan, A. L. (2023). Variabel kondisi lingkungan pada ekosistem mangrove di Kota Kupang. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (JVIP)*, 4(1), 19–28.
- Radjawane, I. M., Mughny, G. P., & Napitupulu, G. (2024). Karakteristik estuari di Muara Angke pada musim timur. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1), 28–38. <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i1.20679>
- Ralston, D. K., Geyer, W. R., & Lerczak, J. A. (2020). Turbidity hysteresis in an estuary and tidal river. *Estuaries and Coasts*, 43(7), 1733–1748. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00748-8>
- Reddy, K. R., & DeLaune, R. D. (2008). *Biogeochemistry of wetlands: Science and applications*. CRC Press.
- Rizky, P. N., Hidayat, T., Rahmawati, D., & Suryono, C. A. (2025). Spatial variability of water and sediment quality in pond outlet: Implications for coastal ecosystems in mangrove areas, Pasuruan, East Java. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(5), 1313–1323. <https://doi.org/10.4308/hjb.32.5.1313-1323>
- Sabar, M., Samman, A., Abubakar, S., Sunarti, S., Rina, R., & Bahtiar, B. (2024). Nitrate, phosphate, silica and phytoplankton abundance in the coastal waters of Maitara Island, North Maluku. *Omni-Akuatika*, 20(2), 71–85. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2024.20.2.1147>

- Sari, D. P., Idris, M. H., Anwar, H., Aji, I. M. L., & Webliana, K. (2023). Karakteristik perairan mangrove pada kepadatan yang berbeda di Desa Eyat Mayang Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 7(2), 149–157.
- Setiawan, R., & Dwiyantri, D. (2025). Ammonia and nitrite control techniques in vannamei shrimp pond culture. *Journal of Fish Health*, 5(4), 593–600.
- Shilman, M. I., Purnamawati, P., Susanti, R., & Redha, A. R. (2025). Performance kualitas air tambak terhadap kondisi pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuatiklestari*, 9(1), 125–135. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v9i1.7702>
- Sofyan, M., & Zainuri, M. (2021). Analisis produktivitas primer dan kelimpahan fitoplankton di estuari Bancaran, Bangkalan, Madura. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(1), 47–52. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i1.9824>
- Solihin, M., Mardhia, D., Bahri, S., Kautsari, N., & Ahdiansyah, Y. (2025). Kesesuaian kualitas air pada tambak udang vaname di PT Solusi Masyarakat Mandiri Sumbawa Besar, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan*, 5(1), 41–54. <https://doi.org/10.55678/jikan.v5i1.1912>
- Sudarsono, Ratnawati, Budiwati, & Latifa, A. (2024). Perbandingan spasio-temporal keseimbangan lingkungan plankton di embung daerah Bantul Yogyakarta. *Berita Biologi*, 23(1), 1–25. <https://doi.org/10.55981/beritabiologi.2024.390>
- Sukendar, Windu, Diniarti, Nanda, Laheng, Suardi, Rasyid, Akhmad, Redha, Dwiyantri, Septiana, Lestari, Dewi Putri, Kania, Hanisya Putri, Affandi, Rangga Idris. (2025). *Manajemen Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar*. PT Penerbit Qriset Indonesia.
- Sumaryati, N. P., Ayuni, N. P. S., & Suryaputra, I. G. N. A. (2024). Analysis of wastewater quality and performance effectiveness of wastewater treatment plant on vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture in BPIU2K Karangasem. *Aurelia Journal*, 6(1), 25–34. <https://doi.org/10.15578/aj.v6i1.13048>
- Surya, A. T. J., Sasongko, A. S., & Cahyadi, F. D. (2024). Kandungan amonia, fosfat, nitrat dan nitrit air laut di perairan pesisir Desa Lontar. *Juvenil*, 5(3), 238–245. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v5i3.23089>
- Tagulao, K. A., Lai, W. I., Lebel, A., & Calheiros, C. S. C. (2023). Evaluating the potential of mangrove phytoremediation for mitigating coastal water eutrophication in Macao SAR: A field and mesocosm study. *Sustainability*, 15(10), 7830. <https://doi.org/10.3390/su15107830>
- Taillardat, P., Ziegler, A. D., Friess, D. A., Widory, D., David, F., Ohte, N., Nakamura, T., Evaristo, J., Nguyen Thanh-Nho, Truong Van Vinh, & Marchand, C. (2019). Assessing nutrient dynamics in mangrove porewater and adjacent tidal creek using nitrate dual-stable isotopes: A new approach to challenge the Outwelling Hypothesis? *Marine Chemistry*, 214, 103662. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2019.103662>
- Tikue, T. G., & Workagegn, K. B. (2023). Plankton composition and abundance in semi intensive aquaculture pond and their preference by Nile tilapia. *Aquaculture Studies*, 23(2), AQUAST1032. <https://doi.org/10.4194/AQUAST1032>
- Toan, N. D., Ngoc, P. T., Dung, L. V., Tue, N. T., Quy, T. D., & Nhuan, M. T. (2025). Nitrate, ammonium, and phosphate patterns from mangrove sediment cores near extensive aquaculture areas in the Red River Delta, Vietnam. *One Ecosystem*, 10, e150217. <https://doi.org/10.3897/oneeco.10.e150217>
- U.S. Geological Survey. (2024). Temperature (Techniques and Methods, Book 9, Chap. A6.1). U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/tm9A6.1>
- Vinh, T. V., Allenbach, M., Linh, K. T. V., & Marchand, C. (2020). Changes in leaf litter quality during its decomposition in a tropical planted mangrove forest (Can Gio, Vietnam). *Frontiers in Environmental Science*, 8, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00010>
- Wang, F., Chen, N., Yan, J., Lin, J., Guo, W., Cheng, P., Liu, Q., Huang, B., & Tian, Y. (2019). Major processes shaping mangroves as inorganic nitrogen sources or sinks: Insights from a multidisciplinary study. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124(5), 1194–1208. <https://doi.org/10.1029/2018JG004875>
- Wang, F., Cheng, P., Chen, N., & Kuo, Y.-M. (2021). Tidal driven nutrient exchange between mangroves and estuary reveals a dynamic source-sink pattern. *Chemosphere*, 270, 128665. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128665>
- Wang, S., Jin, X., Bu, Q., Zhou, X., & Wu, F. (2006). Effects of particle size, organic matter and ionic strength on the phosphate sorption in different trophic lake sediments. *Journal of Hazardous Materials*, 128(2–3), 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.07.048>

- Wen, Y., Zhang, G., Song, Y., Zhang, G., & Sun, J. (2023). Seasonal and spatial comparisons of microzooplankton grazing and phytoplankton growth in the Bohai Bay, China. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1190677. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1190677>
- Winoviaz, R. F., Zahrina W., N., Yanfeto, B., & Agassi, R. N. (2024). Visualisasi parameter oseanografi secara vertikal dan horizontal di Laut Jawa pada bulan Februari–Maret 2019: Vertical and horizontal visualization of oceanographic parameters in the Java Sea in February–March 2019. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.62703/jhi.v6i1.48>
- Wisniewski, S. J., & Brannan, G. D. (2024). Correlation (coefficient, partial, and Spearman rank) and regression analysis. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK606101/>
- Wu, M., Yang, F., Yao, Q., Bouwman, L., & Wang, P. (2020). Storm-induced sediment resuspension in the Changjiang River Estuary leads to alleviation of phosphorus limitation. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111628. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111628>
- Yan, L., Kuang, Y., Xie, X., Peng, K., Deng, Y., Gan, Y., Li, Q., & Zhang, Y. (2024). Insights into nitrogen biogeochemical cycling in mangrove wetland from genome-resolved metagenomic sequencing. *Journal of Hydrology*, 640, 131741. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131741>
- Yavuz, V. S. (2025). Impact of temperature and flow rate on oxygen dynamics and water quality in major Turkish rivers. *Scientific Reports*, 15, 22830. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06433-8>
- Ye, Y., Tian, Y., Zhou, Q., Chen, Y., Wang, Y., Xing, B., Jia, C., Xiang, P., & He, X. (2025). Dynamics of phytoplankton in estuaries and changes in environmental driving factors: A study of Lianzhou Bay in Guangxi, China. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1603340. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1603340>
- Yulma, M., Rahmawati, D., & Siregar, A. N. (2022). Pengaruh mangrove terhadap kualitas air tambak. *Jurnal Ilmu Lingkungan Indonesia*, 20(3), 177–189.
- Zheng, Q., Zhao, H., Shi, Y., & Duan, M. (2023). Distribution characteristics of dissolved oxygen in spring in the northern coastal Beibu Gulf, a typical subtropical bay. *Water*, 15(5), 970. <https://doi.org/10.3390/w15050970>

BAB III. EVALUASI HASIL ANALISIS KUALITAS AIR TERHADAP HASIL PRODUKSI TAMBAK TRADISIONAL DAN PERAN REHABILITASI MANGROVE BERBASIS MASYARAKAT DALAM MEMPERBAIKI KUALITAS LINGKUNGAN PERAIRAN TAMBAK SERTA POTENSI DUKUNGANNYA TERHADAP SISTEM TAMBAK YANG BERKELANJUTAN

3.1 Abstrak

Banyak masyarakat tidak menyadari pentingnya ekosistem mangrove dalam mendukung kualitas lingkungan dan keberlanjutan budidaya perikanan pesisir dan lebih memilih keuntungan jangka pendek dengan melakukan konversi mangrove daripada memikirkan dampak buruk yang besar ke depannya. Wilayah pesisir Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan merupakan salah satu kawasan yang mengalami tekanan ekologi akibat konversi mangrove menjadi tambak yang berdampak terhadap penurunan kualitas perairan dan hasil produksi perikanan tambak tradisional. Untuk mengatasi hal tersebut, telah dilakukan program rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat sejak tahun 2012 melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR) yang dilakukan oleh Yayasan Hutan Biru dan telah berhasil membuat mangrove tumbuh secara lebat setelah 10 tahun dilakukan rehabilitasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil analisis kualitas air terhadap hasil produksi tambak dan peran rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat dalam memperbaiki kualitas lingkungan perairan tambak serta potensi dukungannya terhadap keberlanjutan sistem tambak. Dilakukan dengan metode pendekatan deskriptif-kualitatif. Teknik pengumpulan data meliputi wawancara semi-terstruktur, analisis data sekunder dan observasi lapangan. Hasil evaluasi data menunjukkan bahwa tambak tradisional yang dikelola oleh Pak Pada', dengan luas sekitar ± 7 ha dan sistem polikultur, produksi gabungan ikan dan udang menunjukkan kisaran hasil produksi tahunan tertinggi yakni berada pada kisaran ± 500 kg hingga $\pm 1,5$ –2 ton per tahun dibandingkan lokasi lain. Tambak yang dikelola oleh Pak Adi dengan luas ± 5 ha dan sistem monokultur bandeng menunjukkan kisaran produksi ± 200 kg hingga $\pm 1,5$ –2 ton per tahun. Tambak yang dikelola oleh Blue Forests baru menjalani satu siklus budidaya awal sehingga hasil

produksi tidak bisa diposisikan sebagai pembanding dengan tambak lainnya. Kesimpulan penelitian ini Kondisi kualitas air inlet tambak berada pada kisaran yang masih mendukung kegiatan tambak tradisional, namun menunjukkan variasi antar lokasi yang dipengaruhi oleh perbedaan sistem pengelolaan air, intensitas input, serta kendala operasional masing-masing tambak. Keberadaan mangrove berpotensi mendukung stabilitas kualitas lingkungan perairan inlet tambak. Peran rehabilitasi mangrove lebih terlihat sebagai faktor ekologis yang berkontribusi dalam menjaga kondisi lingkungan perairan dan mengurangi tekanan lingkungan, daripada sebagai faktor yang secara langsung meningkatkan hasil produksi tambak dalam jangka pendek.
Kata Kunci : Mangrove, rehabilitasi, kualitas air, tambak tradisional.

3.2 Pendahuluan

Produksi tambak tradisional sangat ditentukan oleh kualitas air karena sistem ini umumnya mengandalkan suplai air alami berbasis pasang-surut, dengan teknologi pengelolaan yang terbatas dan kontrol kualitas air yang tidak seintensif budidaya modern. Dalam kondisi demikian, perubahan parameter kunci, seperti oksigen terlarut (DO), salinitas, pH, kekeruhan, serta dinamika nutrisi, dapat memengaruhi respons fisiologis organisme budidaya (stres, perubahan nafsu makan, gangguan osmoregulasi), yang pada akhirnya berimplikasi pada pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan produktivitas panen. (Yessy et al., 2024; Yusoff et al., 2024)

Secara operasional, tambak tradisional umumnya dikelola secara ekstensif atau semi-ekstensif dengan pertukaran air yang sangat bergantung pada pintu air dan pasang-surut, penggunaan aerasi minimal, serta pengendalian kualitas air yang cenderung reaktif mengikuti kondisi harian. Karena kapasitas intervensi teknis terbatas, kualitas air yang masuk (inlet) menjadi faktor awal yang sangat menentukan, sebab kualitas ini akan mempengaruhi kondisi kolam selama siklus pemeliharaan, termasuk akumulasi bahan organik dan stabilitas parameter dasar. (Boa et al., 2023)

Dalam konteks pesisir, saluran inlet tambak merupakan titik temu antara proses pesisir (pasang-surut, sedimen tersuspensi, dinamika salinitas) dan proses budidaya (beban organik, nutrisi, serta fluktuasi oksigen). Artinya, variasi kualitas air pada inlet tidak hanya mencerminkan kondisi “air laut” semata, tetapi juga hasil interaksi antara dinamika hidrologi setempat, konektivitas saluran, serta aktivitas di sekitar lanskap tambak yang dapat memperkuat atau menutup sinyal ekologis pada skala ruang-waktu yang pendek. (Wang et al., 2021)

Penelitian ini dilakukan di Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, wilayah yang mengalami tekanan akibat konversi mangrove menjadi tambak dan kemudian memperoleh intervensi rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat sejak 2012 melalui pendekatan *Ecological Mangrove Restoration* (EMR). Kondisi tersebut menjadikan Kuri Caddi sebagai konteks yang relevan untuk mengevaluasi apakah variasi tutupan mangrove, sebagai keluaran rehabilitasi, berkaitan dengan perubahan indikator kualitas air pada saluran inlet yang memasok tambak tradisional, serta bagaimana implikasinya terhadap hasil produksi. (Ellison et al., 2020; Kusumadewi et al., 2024)

Secara biofisik, mangrove berpotensi memodifikasi kualitas air melalui mekanisme hidrodinamika dan biogeokimia. Dari sisi hidrodinamika, struktur akar dan vegetasi meningkatkan hambatan aliran, memperlambat arus lokal, dan mendukung pengendapan partikel halus sehingga kekeruhan/TSS dapat berubah pada air yang melewati zona vegetasi. Dari sisi biogeokimia, sedimen mangrove merupakan ruang aktif transformasi nitrogen dan fosfor oleh mikroba (misalnya denitrifikasi) yang dapat mengubah komposisi nutrisi terlarut, namun pertukaran nutrisi di batas mangrove–estuaria bersifat dinamis (source–sink) dan dapat berubah mengikuti musim, pasang-surut, serta besarnya input dari hulu atau budidaya. (Wang et al., 2021; Jin et al., 2022)

Karena itu, evaluasi kualitas air terhadap produksi tambak tradisional perlu menempatkan parameter seperti DO dan BOD sebagai indikator keseimbangan oksigen–beban organik, serta nutrisi sebagai penanda potensi kesuburan berlebih yang dapat memicu eutrofikasi dan ketidakstabilan kualitas air. Ketidakstabilan kualitas air bukan hanya isu “angka”, tetapi berkaitan langsung dengan kesehatan biota budidaya: fluktuasi parameter dapat meningkatkan stres, menurunkan daya tahan tubuh, dan meningkatkan risiko penyakit, sehingga menurunkan kinerja pertumbuhan maupun tingkat kelangsungan hidup. (Iram et al., 2022; Nazarudin et al., 2025)

Di sisi lain, produktivitas tambak tradisional masih dapat ditingkatkan melalui penguatan praktik manajemen sederhana yang langsung terkait kualitas air, seperti pengaturan pintu air, penjadwalan pergantian air (flushing), dan perbaikan praktik pemeliharaan untuk menekan risiko gangguan kualitas lingkungan. Bukti program peningkatan kapasitas pembudidaya menunjukkan bahwa perbaikan praktik budidaya berbasis manajemen kualitas air dapat meningkatkan produksi tanpa harus mengubah sistem menjadi intensif penuh, sehingga evaluasi kualitas air dapat menjadi dasar rekomendasi yang realistis dan sesuai keterbatasan teknologi tambak tradisional. (Widowati et al., 2021; Yusoff et al., 2024)

Namun, hubungan antara tutupan mangrove dan kualitas air tidak selalu muncul sebagai hubungan statistik yang kuat, karena sinyal ekologis dapat tertutup oleh variabilitas pasang-surut, sirkulasi air, serta waktu pengambilan sampel yang membuat kondisi perairan berubah cepat. Dalam kerangka rehabilitasi/restorasi, hal ini selaras dengan pandangan bahwa restorasi bersifat adaptif, keberhasilan perlu dinilai bukan hanya dari keluaran vegetasi, tetapi juga dari respons ekosistem (misalnya kualitas air) yang dapat berfluktuasi dan membutuhkan pemantauan yang konsisten untuk memisahkan pengaruh rehabilitasi dari faktor musiman dan hidrologi. (Ellison et al., 2020; Wang et al., 2021)

Dengan demikian, Bab III ini menyajikan evaluasi keterkaitan kualitas air terhadap hasil produksi tambak tradisional dengan menelaah parameter kunci yang diukur pada lokasi penelitian, menautkannya dengan capaian produksi, serta menempatkan rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat sebagai konteks sosio-ekologis yang masuk akal untuk menjelaskan variasi kualitas air di saluran inlet. Evaluasi diarahkan untuk mengidentifikasi parameter pembatas utama dan menyusun dasar rekomendasi pengelolaan tambak tradisional yang berbasis data, dengan tetap mengacu pada konteks standar lingkungan yang relevan serta dinamika pesisir yang memengaruhi sistem tambak. (Do et al., 2025; Nazarudin et al., 2025; Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

3.2.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada bagian ini adalah:

1. Menggambarkan kondisi kualitas air pada saluran inlet tambak di wilayah Kuri Caddi dalam kaitannya dengan praktik pengelolaan tambak tradisional, sebagai informasi pendukung keberlanjutan sistem tambak.
2. Mengevaluasi peran rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat dalam memperbaiki kualitas lingkungan perairan tambak serta potensi dukungannya terhadap keberlanjutan sistem tambak, khususnya melalui kondisi kualitas air pada saluran inlet.

3.2.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan dasar ilmiah bagi upaya pengelolaan dan rehabilitasi mangrove yang berorientasi pada pemeliharaan dan perbaikan kualitas lingkungan perairan tambak, khususnya pada saluran inlet sebagai jalur utama masuknya air ke tambak.
2. Menjadi bahan referensi bagi masyarakat, pengelola tambak, dan pemerintah daerah dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya pesisir yang mempertimbangkan kualitas lingkungan perairan serta keberlanjutan ekosistem mangrove.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga desember 2025 di kawasan tambak tradisional pesisir Kuri Caddi, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian dipilih karena memiliki variasi pengelolaan tambak tradisional dan keberadaan rehabilitasi mangrove berbasis masyarakat yang berpotensi memengaruhi kondisi lingkungan perairan tambak.



Gambar 3 Peta Lokasi Tambak Tradisional berdasarkan karakteristik pengelolaan tambak di wilayah Kuri Caddi, Maros

Peta lokasi tambak tradisional di wilayah Kuri Caddi disajikan pada Gambar 3.1 sebagai gambaran spasial lokasi penelitian. Lokasi pengambilan data ditentukan menggunakan metode *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan perbedaan karakteristik pengelolaan tambak dan kondisi lingkungan perairan. Titik lokasi penelitian terdiri atas beberapa stasiun pengamatan yang mewakili tambak dengan pengelolaan yang berbeda, yaitu :

- a. Warna biru : Tambak yang dikelola oleh Blue Forests
- b. Warna kuning : tambak yang dikelola oleh Pak Pada'
- c. Warna merah : tambak yang dikelola oleh Pak Adi

3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan evaluasi hasil analisis kualitas air terhadap kondisi produksi tambak tradisional. Evaluasi dalam bab ini tidak dimaksudkan untuk menguji pengaruh kausal kualitas air terhadap hasil produksi tambak secara kuantitatif, melainkan untuk memberikan gambaran dan interpretasi deskriptif mengenai bagaimana kondisi kualitas air yang terukur berkaitan dengan praktik dan kondisi produksi tambak tradisional di wilayah penelitian.

1. Alat penelitian, antara lain:
 - a. Peta lokasi dan citra lokasi penelitian sebagai panduan penentuan titik pengamatan.
 - b. Alat tulis dan lembar panduan wawancara untuk pencatatan data lapangan,
 - c. Perangkat dokumentasi (kamera) untuk mendokumentasikan kondisi tambak dan lingkungan sekitar,
 - d. Laptop untuk pengolahan dan analisis data hasil penelitian.
2. Bahan penelitian, meliputi:
 - a. Data hasil analisis kualitas air yang diperoleh dari pengukuran lapangan dan/atau laboratorium pada bab sebelumnya,
 - b. Informasi produksi tambak tradisional yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pengelola tambak,
 - c. Data pendukung berupa literatur dan dokumen terkait pengelolaan tambak tradisional dan rehabilitasi mangrove.

3.3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan deskriptif-kualitatif, yang bertujuan untuk mengevaluasi hasil analisis kualitas air dalam kaitannya dengan kondisi produksi tambak tradisional. Teknik pengumpulan data meliputi:

1. Wawancara Semi-Terstruktur

Wawancara dilakukan dengan pengelola tambak tradisional pada masing-masing lokasi penelitian untuk memperoleh informasi mengenai:

- Praktik pengelolaan tambak tradisional,
- Persepsi pengelola terhadap kondisi kualitas air tambak,
- Gambaran umum hasil produksi tambak (frekuensi panen, jenis komoditas, dan kondisi hasil panen secara umum),
- Perubahan kondisi tambak yang dirasakan setelah adanya rehabilitasi mangrove (jika ada).

Wawancara bersifat semi-terstruktur, sehingga memungkinkan penggalian informasi secara mendalam namun tetap terarah sesuai tujuan penelitian.

2. Analisis Data Sekunder

Data kualitas air yang telah dianalisis pada bab sebelumnya digunakan sebagai data utama untuk dievaluasi keterkaitannya dengan kondisi produksi tambak tradisional. Data ini mencakup parameter fisik, kimia, dan biologis perairan pada saluran inlet tambak.

3. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan untuk mendukung hasil wawancara, meliputi pengamatan langsung terhadap kondisi fisik tambak, sistem aliran air, keberadaan mangrove di sekitar tambak, serta aktivitas pengelolaan tambak tradisional.

3.4 Hasil dan Pembahasan

Evaluasi hasil analisis kualitas air terhadap kondisi produksi tambak tradisional tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan data kuantitatif kualitas air semata. Dalam sistem tambak tradisional, khususnya di wilayah pesisir, hasil produksi merupakan keluaran dari interaksi kompleks antara kondisi lingkungan perairan, praktik pengelolaan tambak, intensitas input, serta faktor sosial dan teknis pengelola tambak. Oleh karena itu, pemahaman terhadap kondisi produksi tambak perlu dilengkapi dengan informasi kontekstual yang diperoleh langsung dari pengelola tambak.

Pendekatan wawancara dengan pengelola tambak banyak digunakan dalam studi pengelolaan perikanan dan lingkungan pesisir untuk memperoleh gambaran deskriptif mengenai praktik budidaya, persepsi terhadap kualitas air, serta kendala operasional yang dihadapi di lapangan. Informasi ini penting karena data produksi pada tambak tradisional sering kali tidak terdokumentasi secara rinci dan terverifikasi per siklus, sehingga pendekatan deskriptif-kualitatif menjadi relevan untuk memahami variasi hasil produksi dan konteks pengelolaannya (FAO, 2017; Bosma et al., 2016).

Berdasarkan pertimbangan tersebut, ringkasan hasil wawancara dengan pengelola tambak tradisional di wilayah Kuri Caddi disajikan dalam Tabel 3.1. Tabel ini memuat informasi utama terkait karakteristik pengelolaan tambak, sistem budidaya, kisaran hasil produksi, serta kendala operasional yang dihadapi. Data yang disajikan dipahami sebagai gambaran deskriptif dan kontekstual, bukan sebagai dasar analisis kuantitatif atau hubungan sebab-akibat antara kualitas air dan hasil produksi tambak.

Tabel 17 Ringkasan Karakteristik Produksi Tambak Tradisional di Kuri Caddi

Aspek	Blue Forests (Mangrove Padat)	Pak Pada' (Mangrove Padat)	Pak Adi (Mangrove Sedang)
Luas tambak	±3,21 ha (5 petak)	±7 ha (7 petak)	±5 ha (3 petak)
Sistem budidaya	Polikultur & monokultur	Polikultur	Monokultur
Komoditas utama	Udang, bandeng, rumput laut	Udang windu, bandeng, rumput laut	Bandeng
Orientasi pengelolaan	Baseline & uji kondisi awal	Produksi	Produksi
Siklus budidaya	1 siklus (baru berjalan)	>1 siklus/tahun	>1 siklus/tahun
Sumber input utama	Pakan & nutrisi alami (MOL, kompos, rumput laut)	Pupuk & input konvensional	Pupuk & pakan tambahan
Sistem pergantian air	Terbatas & selektif	Pasang tertinggi	Pasang tertinggi

Kisaran hasil panen/tahun*	Belum representatif	$\pm 0,5\text{--}2$ ton	$\pm 0,2\text{--}2$ ton
Kendala utama	Infrastruktur, stabilitas air	Cuaca	Cuaca, hama, modal

Keterangan:

(*) Data produksi diperoleh dari wawancara dan dipahami sebagai kisaran deskriptif, bukan data panen terverifikasi per siklus.

Berdasarkan hasil wawancara dengan tiga pengelola tambak tradisional di wilayah Kuri Caddi, diperoleh gambaran bahwa terdapat perbedaan hasil produksi tambak antar lokasi yang tidak hanya berkaitan dengan luas lahan, tetapi juga dipengaruhi oleh tujuan pengelolaan, strategi teknis budidaya, intensitas input, serta kendala operasional yang dihadapi masing-masing pengelola.

Tambak tradisional yang dikelola oleh Pak Pada' menunjukkan kisaran hasil produksi tahunan tertinggi dibandingkan lokasi lain. Dengan luas sekitar ± 7 ha dan sistem polikultur, produksi gabungan ikan dan udang dilaporkan berada pada kisaran ± 500 kg hingga $\pm 1,5\text{--}2$ ton per tahun. Sementara itu, tambak yang dikelola oleh Pak Adi dengan luas ± 5 ha dan sistem monokultur bandeng menunjukkan kisaran produksi ± 200 kg hingga $\pm 1,5\text{--}2$ ton per tahun. Variasi hasil ini mencerminkan perbedaan pendekatan teknis, pengalaman pengelolaan, serta respons sistem tambak terhadap faktor lingkungan dan operasional.

Berbeda dengan dua tambak tersebut, tambak yang dikelola oleh Blue Forests pada periode penelitian baru menjalani satu siklus budidaya awal. Pengelolaan tambak pada fase ini secara sengaja diarahkan untuk memperoleh gambaran kondisi awal (*baseline*) dengan input eksternal minimal, sebelum dilakukan rekonstruksi tambak dan optimalisasi operasional. Oleh karena itu, hasil produksi pada tambak Blue Forests tidak diposisikan sebagai pembanding langsung terhadap tambak Pak Pada' dan Pak Adi yang telah beroperasi dengan orientasi produksi dalam jangka waktu lebih lama.

Perbedaan hasil produksi antar tambak dalam penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas tambak tradisional merupakan hasil interaksi kompleks antara kualitas lingkungan perairan dan sistem pengelolaan. Hasil wawancara mengindikasikan bahwa tambak dengan input yang lebih tinggi, baik berupa pupuk maupun pakan tambahan, cenderung menghasilkan produksi yang lebih besar dalam jangka pendek. Temuan ini sejalan dengan konsep umum bahwa peningkatan input nutrisi dapat meningkatkan produktivitas primer dan ketersediaan pakan alami di tambak (Boyd, 2020).

Namun demikian, beberapa penelitian menegaskan bahwa tingginya input tidak selalu menjamin keberlanjutan produksi. Badiola et al. (2012) menyebutkan bahwa sistem budidaya dengan input tinggi berpotensi meningkatkan risiko degradasi kualitas air apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan air yang baik. Dalam konteks ini, kualitas air inlet menjadi faktor kunci, karena merupakan sumber utama air yang masuk ke dalam sistem tambak.

Pendekatan yang dilakukan oleh Blue Forests, meskipun menghasilkan produksi awal yang relatif rendah, menunjukkan orientasi pengelolaan yang berbeda, yaitu membangun kesuburan dan stabilitas sistem perairan secara bertahap melalui pemanfaatan input alami dan rehabilitasi mangrove. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan ekologi perairan yang menempatkan mangrove sebagai penyangga lingkungan pesisir yang berperan dalam menjaga stabilitas kualitas air, mengendalikan fluktuasi lingkungan, serta mendukung fungsi ekosistem perairan tambak dalam jangka panjang (Kathiresan & Bingham, 2001; Komiyama et al., 2012).

Penelitian-penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa keberadaan mangrove di sekitar tambak tidak selalu berdampak langsung terhadap peningkatan produksi dalam jangka pendek, tetapi lebih berperan dalam menjaga kestabilan lingkungan perairan, mengurangi tekanan ekologi, dan meningkatkan ketahanan sistem budidaya terhadap perubahan lingkungan (Bosma et al., 2016; Primavera et al., 2019). Dengan demikian, hasil penelitian ini konsisten dengan temuan terdahulu bahwa produktivitas tambak tidak dapat dijelaskan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh interaksi antara kualitas air, sistem pengelolaan, dan konteks ekologi setempat.

Oleh karena itu, perbedaan hasil produksi antar tambak dalam penelitian ini tidak ditafsirkan sebagai akibat langsung dari perbedaan tutupan mangrove atau kualitas air semata. Sebaliknya, hasil ini dipahami

sebagai cerminan dari fase pengelolaan, tujuan produksi, serta tingkat kesiapan operasional masing-masing tambak. Kerangka interpretasi ini penting agar pembahasan tidak jatuh pada penyederhanaan hubungan sebab–akibat, dan tetap selaras dengan pendekatan pengelolaan lingkungan yang holistik.

3.5 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian pada bab ini, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Kondisi kualitas air inlet tambak berada pada kisaran yang masih mendukung kegiatan tambak tradisional, namun menunjukkan variasi antar lokasi yang dipengaruhi oleh perbedaan sistem pengelolaan air, intensitas input, serta kendala operasional masing-masing tambak. Informasi hasil wawancara mengindikasikan bahwa kualitas air berperan sebagai faktor pendukung dalam pengelolaan tambak, tetapi tidak berdiri sendiri dalam menentukan hasil produksi, karena keberhasilan produksi juga dipengaruhi oleh praktik teknis budidaya dan kesiapan operasional tambak.
2. Keberadaan mangrove berpotensi mendukung stabilitas kualitas lingkungan perairan inlet tambak. Peran rehabilitasi mangrove lebih terlihat sebagai faktor ekologis yang berkontribusi dalam menjaga kondisi lingkungan perairan dan mengurangi tekanan lingkungan, daripada sebagai faktor yang secara langsung meningkatkan hasil produksi tambak dalam jangka pendek. Oleh karena itu, rehabilitasi mangrove dipahami sebagai bagian dari strategi pendukung keberlanjutan sistem tambak yang efektivitasnya sangat bergantung pada integrasinya dengan pengelolaan teknis tambak yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>
- Boa, H., Suwannatthep, S., Gunawan, B. I., & Bunnag, B. (2023). Study of traditional shrimp farming: A case study of pond productivity of several regions in Indonesia. *Cipasung Techno Pesantren*, 17(2), 145–154
- Bosma, R. H., Nguyen, T. H., Siahainenia, A. J., Tran, H. T. P., & Tran, H. N. (2016). Shrimp-based livelihoods in mangrove silvo-aquaculture farming systems. *Reviews in Aquaculture*, 8(1), 43–60. <https://doi.org/10.1111/raq.12072>
- Boyd, C. E. (2020). *Water quality: An introduction* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>
- Do, D. D., Le, A. H., Vu, V. V., Le, D. A. N., & Bui, H. M. (2025). Evaluation of water quality and key factors influencing water quality in intensive shrimp farming systems using principal component analysis-fuzzy approach. *Desalination and Water Treatment*, 321, 101002. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101002>
- Ellison, A. M., Felson, A. J., & Friess, D. A. (2020). Mangrove rehabilitation and restoration as experimental adaptive management. *Frontiers in Marine Science*, 7, 327. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00327>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Small-scale aquaculture for rural livelihoods and food security*. FAO.
- Iram, N., Maher, D. T., Lovelock, C. E., Baker, T., Cadier, C., & Adame, M. F. (2022). Climate change mitigation and improvement of water quality from the restoration of a subtropical coastal wetland. *Ecological Applications*, 32(5), e2620. <https://doi.org/10.1002/eap.2620>
- Jin, X., Fu, J., Yang, J., Guo, J., Guo, W., & Chen, Y. (2022). Effect of mangrove on nitrogen removal in the intertidal zone of Shenzhen's Deep Bay: From ¹⁵N isotope tracing to microbial analysis. *Water*, 14(21), 3507. <https://doi.org/10.3390/w14213507>
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. (2012). Ecology and ecosystem services of mangrove forests: A reassessment. *Annual Review of Marine Science*, 4, 395–417. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120710-100730>
- Kusumadewi, A., Purnomo, H., Nadhira, A., & Putrizulfan, V. (2024). *Systematic review on the implementation of mangrove community-based restoration in Indonesia and beyond*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1315, 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1315/1/012052>

- Nazarudin, M. F., Zulkiply, M. A. F., Samsuri, M. H., Khairil Anwar, N. A. S., Jamal, N. S. A., Alipiah, N. M., Ahmad, M. I., Mohd Nor, N., Md Yasin, I. S., Ikhsan, N., Azmai, M. N. A., & Rosli, M. H. (2025). Optimizing shrimp culture through environmental monitoring: Effects of water quality and metal ion profile on whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance in a semi-intensive culture pond. *Water*, 17(19), 2818. <https://doi.org/10.3390/w17192818>
- Novida, R., Setia, T. M., Santoso, N., & Widigdo, B. (2025). The impact of mangrove on water quality and milkfish productivity in the silvofishery ponds in Sawojajar Village, Brebes Regency. *Coastal and Ocean Journal*, 9(1), 70–86. <https://doi.org/10.29244/coj.v9i1.62550>
- Primavera, J. H., Friess, D. A., Van Lavieren, H., & Lee, S. Y. (2019). The mangrove ecosystem. In C. Sheppard (Ed.), *World seas: An environmental evaluation* (2nd ed., pp. 1–34). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00001-4>
- Wang, F., Cheng, P., Chen, N., & Kuo, Y.-M. (2021). Tidal driven nutrient exchange between mangroves and estuary reveals a dynamic source-sink pattern. *Chemosphere*, 270, 128665. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128665>
- Widowati, L. L., Ariyati, R. W., Rejeki, S., & Bosma, R. H. (2021). The impact of aquaculture field school on the shrimp and milkfish yield and income of farmers in Demak, Central Java. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(2), 362–377. <https://doi.org/10.1111/jwas.12770>
- Yessy, L. T., Ezraneti, R., & Khalil, M. (2024). Quantitative analysis of water quality parameters and their influence on the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture: A case study of Rancong mariculture area in Lhokseumawe, Aceh, Indonesia. *Journal of Marine Studies*, 1(1), Article 1103. <https://doi.org/10.29103/joms.v1i1.15815>
- Yusoff, F. M., Shariff, M., & Subramaniam, K. (2024). Water quality management in aquaculture. *Cambridge Prisms: Water*, 2, e15. <https://doi.org/10.1017/wat.2024.15>