



PENGARUH OKSIGEN TERLARUT (DO) DALAM BUDIDAYA PERAIRAN

Merlis Telaumbanua¹⁾

¹⁾ Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: merlistelaumbanua@gmail.com

Abstract

Dissolved oxygen (DO) serves as a crucial parameter in assessing water quality and the health of aquatic ecosystems. The availability of oxygen is essential for the respiratory process of many organisms, such as fish and shrimp. This research explores the elements that influence DO levels, its impact on aquatic life and management methods based on a literature review over the past five years. Several factors such as temperature, photosynthesis, respiration, organic pollution and water movement can significantly affect DO levels. Low DO levels (below 3 mg/L) can cause stress and even death to organisms, especially in contaminated areas. In aquaculture practices, daily changes in DO levels create problems. DO management can be done through the use of aeration technology, utilization of riparian vegetation, and monitoring using IoT-based sensors. Adaptive and collaborative approaches are key factors in maintaining the sustainability of aquatic ecosystems amidst the challenges of climate change and human activities.

Keywords: Water quality, public waters, aquatic ecosystem, sustainable management, anthropogenic activities

Abstrak

Oksigen terlarut (DO) berfungsi sebagai parameter krusial dalam menilai mutu air serta kesehatan ekosistem akuatik. Ketersediaan oksigen ini sangat penting untuk proses pernapasan bagi berbagai organisme, seperti ikan dan udang. Penelitian ini mengeksplorasi berbagai elemen yang memengaruhi tingkat DO, dampaknya terhadap kehidupan akuatik, serta metode pengelolaannya berdasarkan tinjauan literatur selama lima tahun terakhir. Beberapa faktor seperti suhu, fotosintesis, respirasi, pencemaran organik, dan pergerakan air dapat memengaruhi kadar DO secara signifikan. Tingkat DO yang rendah (di bawah 3 mg/L) dapat mengakibatkan stres hingga kematian bagi organisme, terutama di area yang terkontaminasi. Dalam praktik budidaya, perubahan harian pada level DO menciptakan masalah tersendiri. Pengelolaan DO dapat dilakukan melalui penggunaan teknologi aerasi, pemanfaatan vegetasi riparian, dan pemantauan menggunakan sensor berbasis IoT. Pendekatan yang bersifat adaptif dan kolaboratif menjadi faktor utama dalam menjaga keberlangsungan ekosistem air di tengah tantangan perubahan iklim dan aktivitas manusia.

Kata Kunci: Kualitas air, Perairan umum, Ekosistem akuatik, Pengelolaan berkelanjutan, aktivitas antropogenik.



PENDAHULUAN

Oksigen terlarut atau DO adalah salah satu indikator penting dalam menilai kualitas air serta kesehatan lingkungan akuatik. Ketersediaan DO yang memadai menjadi dasar untuk mendukung kehidupan berbagai organisme akuatik seperti ikan, udang, dan makroinvertebrata (Saputra & Handayani, 2021). Jika kadar oksigen terlarut turun, hal ini dapat menyebabkan stres fisiologis atau bahkan kematian massal pada organisme air serta mengurangi produktivitas perairan secara keseluruhan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar DO mencakup suhu, arus air, proses fotosintesis tanaman air, dan tingkat polusi organik. Menurut Prasetyo et al. (2020), Peningkatan pencemaran organik dari limbah domestik dan industri mempercepat aktivitas dekomposisi oleh mikroba, yang mengonsumsi oksigen dalam jumlah besar, mengakibatkan kondisi hipoksia. Keadaan ini sangat merugikan, terutama di perairan yang stagnan atau dengan aliran air yang rendah.

Perubahan dalam penggunaan lahan dan konversi area riparian juga memberikan dampak besar terhadap variasi kadar oksigen terlarut. Menurut Lestari dan Mulyadi (2023), bahwa hilangnya vegetasi di daerah riparian mengurangi perlindungan alami terhadap erosi serta beban nutrisi, yang pada akhirnya menurunkan kualitas air dan kadar DO. Pemulihan area riparian terbukti dapat meningkatkan retensi oksigen dan stabilitas ekosistem perairan.

Menurut Susilo et al. (2022), kegiatan perikanan seperti budidaya ikan dalam keramba jaring apung juga mempengaruhi kandungan oksigen dalam air. Contohnya, di Waduk Cirata, akumulasi sisa pakan dan limbah ikan di bawah KJA meningkatkan BOD serta menurunkan kadar DO, terutama di dasar perairan. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan sistem budidaya yang berkelanjutan guna menjaga keseimbangan ekosistem.

Kualitas oksigen yang terlarut sangat dipengaruhi oleh suhu air. Suhu yang lebih tinggi umumnya berakibat pada penurunan kelarutan oksigen, mempercepat proses respirasi organisme, dan meningkatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme pengurai (Nuraini & Firmansyah, 2020). Di daerah tropis seperti Indonesia, tantangan dalam pengelolaan Dissolved Oksigen (DO) semakin rumit karena perubahan suhu yang ekstrem akibat perubahan iklim.

Solusi modern untuk pengelolaan kualitas air adalah teknologi pemantauan DO secara real-time. Mahendra dan Hidayat (2023), menyatakan bahwa sistem yang berbasis Internet of Things (IoT) ini dapat mengukur DO, suhu, dan pH secara bersamaan. Dengan teknologi tersebut, deteksi awal terhadap penurunan kualitas air menjadi mungkin,

serta membantu dalam membuat keputusan yang lebih tepat terkait pengelolaan sumber daya air.

Kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan pelestarian kualitas oksigen terlarut perlu diperkuat melalui pendekatan ekosistem. Wibowo et al. (2021), Menegaskan bahwa Standar mutu DO yang diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021 belum sepenuhnya dipenuhi di berbagai daerah, khususnya pada sungai-sungai di wilayah perkotaan. Kerjasama antara lembaga pengawas, masyarakat, dan sektor bisnis diperlukan untuk menerapkan regulasi yang lebih efektif.

Oleh karena itu, oksigen terlarut adalah indikator penting yang menunjukkan kondisi ekosistem perairan secara keseluruhan. Memahami dengan baik faktor-faktor yang memengaruhi DO dan pengaruhnya terhadap biota perairan adalah hal yang esensial untuk pengelolaan perairan yang berkelanjutan. Studi ini bertujuan untuk menilai dampak oksigen terlarut terhadap ekosistem akuatik dan mengevaluasi strategi manajemen yang tepat guna menjaga kualitas DO di perairan umum.

TINJAUAN PUSTAKA

Oksigen terlarut sebagai indikator Kualitas Air. Menurut Rahmat et al. (2021), oksigen terlarut (DO) merupakan faktor pengukur penting yang berperan dalam menilai keadaan perairan serta kapasitas ekosistem air. Kadar optimal DO berada di antara 5 sampai 8 mg/L, yang bervariasi berdasarkan jenis perairan dan organisme yang menghuni kawasan tersebut. Penurunan kadar DO menunjukkan adanya pencemaran organik atau gangguan pada ekosistem.

Oksigen terlarut (DO) di udara dipengaruhi oleh beberapa proses alami yang menentukan kualitas dan kesehatan ekosistem udara. Menurut Damanik & Nurhayati (2020), DO terbentuk secara alami melalui proses difusi dari udara luar serta fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tanaman akuatik. Perairan yang mendapatkan banyak sinar matahari dan memiliki tutupan vegetasi yang baik cenderung menunjukkan variasi harian DO yang stabil, yang mendukung kelangsungan hidup organisme akuatik.

Pencemaran organik di perairan, seperti dari rumah tangga, pertanian, atau industri, memiliki dampak yang signifikan terhadap tingkat DO (oksigen terlarut) di udara. Sitorus dan Arifin (2022), Menyatakan bahwa sungai di area perkotaan Medan mengalami penurunan kadar DO hingga di bawah 3 mg/L sebagai akibat dari pembuangan limbah cair yang tidak diolah.

Peran Fitoplankton dan Algal bloom fitoplankton berfungsi ganda dalam siklus DO, yaitu sebagai produsen oksigen di siang hari dan juga sebagai pengonsumsi oksigen saat malam. Menurut Laila et al. (2020), pertumbuhan alga



yang berlebihan (algal bloom) menyebabkan perubahan drastis pada kadar DO dan dapat menimbulkan hipoksia di Danau Rawapening.

Menurut Nurdiansyah & Mulyono (2020), kenaikan suhu sebesar 5°C dapat mengurangi kelarutan DO hingga 20%. Di daerah tropis seperti Indonesia, ini menjadi halangan serius selama musim kemarau yang berlangsung lama. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kualitas udara dapat menyebabkan gangguan pada DO.

Oksigen terlarut (dissolved oxygen, atau DO) memainkan peran penting dalam meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan ikan, terutama dalam kaitannya dengan metabolisme dan sistem pernapasan mereka. Di Sungai Batanghari, ditemukan bahwa spesies ikan lokal seperti baung dan patin mengalami penurunan dalam aktivitas berenang dan nafsu makan ketika DO turun di bawah 4 mg/L, yang berpengaruh pada keberlangsungan populasi mereka. (Hasanah et al. 2021).

Peran Vegetasi Riparian dalam Menstabilkan DO, zona riparian berfungsi sebagai pelindung alami yang menjaga kestabilan kualitas air, termasuk tingkat DO. Yuliani & Setiawan (2023), Menyatakan bahwa aliran sungai yang memiliki vegetasi riparian yang lebat menunjukkan nilai DO yang lebih tinggi serta lebih konsisten, dibandingkan dengan aliran terbuka yang telah mengalami kerusakan.

Teknologi Pemantauan DO Berbasis Sensor, Inovasi terkini seperti sensor optik dan IoT telah diterapkan untuk memantau DO secara langsung. Menurut Apriyanto et al. (2024), Keberhasilan sistem digital dalam mengidentifikasi anomali penurunan DO di rumah budidaya udang memungkinkan tindakan cepat untuk menghindari kerugian dalam produksi.

Strategi Pengelolaan DO pada Perairan Umum, pengelolaan DO memerlukan strategi yang melibatkan berbagai disiplin, mulai dari kebijakan pengendalian pencemaran hingga peningkatan kesadaran masyarakat. Penggabungan program restorasi ekosistem, Menurut Sari & Wijaya (2022), peningkatan fasilitas pengolahan limbah, serta partisipasi masyarakat adalah langkah yang efektif untuk menjaga kestabilan DO di sungai-sungai utama seperti Ciliwung dan Brantas.

METODE PENELITIAN

Kajian ini menerapkan teknik kajian literatur sistematis untuk menghimpun, menganalisis, serta menyintesis data ilmiah yang berkaitan dengan dampak oksigen terlarut (DO) di perairan umum terhadap ekosistem akuatik. Langkah ini dilakukan melalui identifikasi dan pengkajian publikasi penelitian yang relevan dari jurnal-jurnal baik nasional maupun internasional. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk menggali secara mendalam

faktor-faktor yang berpengaruh terhadap DO, dampaknya bagi organisme air, serta upaya pengelolaan kualitas air yang berhubungan dengan parameter kimia.

Keabsahan kajian ini dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu dengan mengkombinasikan hasil penelitian dari beragam lokasi geografis dan metodologi yang berbeda. Selain itu, pendekatan kritis diterapkan untuk mengevaluasi kekuatan metodologis serta relevansi konteks dari masing-masing artikel. Diharapkan hasil dari kajian ini tidak hanya memberikan pemahaman teoritis yang mendalam mengenai pengaruh DO dalam air, tetapi juga menjadi dasar bagi perumusan kebijakan pengelolaan kualitas air yang adaptif dan berkelanjutan di Indonesia.

PEMBAHASAN

Oksigen terlarut merupakan komponen vital yang menyokong kehidupan di bawah permukaan air, terutama bagi makhluk hidup yang memerlukan proses respirasi aerobik. Rahman et al. (2021) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa Penurunan kadar oksigen terlarut di bawah 3 mg/L dapat memicu perilaku stres pada ikan air tawar, seperti *Oreochromis niloticus*, yang ditandai dengan berkurangnya nafsu makan dan peningkatan frekuensi berenang menuju permukaan. Hal ini menegaskan bahwa ketersediaan oksigen terlarut yang memadai adalah syarat penting dalam perairan yang produktif.

Dalam konteks akuakultur, variasi oksigen terlarut dapat terjadi akibat perbedaan aktivitas fotosintesis dan respirasi pada siang dan malam hari. Menurut Sari et al. (2021), mencatat bahwa Oksigen terlarut dapat meningkat hingga lebih dari 8 mg/L pada siang hari berkat kegiatan fotosintesis plankton, tetapi dapat berkurang secara signifikan hingga di bawah 2 mg/L pada malam hari karena konsumsi oksigen melalui proses respirasi. Ketidakseimbangan ini berpotensi menyebabkan stres oksidatif pada organisme budidaya dan meningkatkan kemungkinan kematian mendadak.

Setiawan et al. (2023), menyatakan bahwa rendahnya jumlah oksigen terlarut di sungai dalam lingkungan perkotaan sangat terkait dengan tingginya beban organik, terutama yang berasal dari limbah rumah tangga. Tingginya nilai biological oxygen demand (BOD) berujung pada peningkatan konsumsi oksigen oleh mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi. Ketika beban ini melebihi daya dukung oksigen alami, perairan bisa terjebak dalam keadaan hipoksia, yang membahayakan keberagaman hayati di area tersebut.

Keberadaan aerasi mekanis dan tanaman air seperti *Eichhornia crassipes* dalam sistem akuaponik dapat menjamin kestabilan oksigen terlarut pada tingkat 5–7 mg/L (Kurniawan et al. 2024). Langkah ini berperan signifikan dalam meningkatkan efisiensi pakan dan pertumbuhan ikan,



serta mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh tekanan dari lingkungan. Aerasi telah terbukti menjadi alat penting dalam mempertahankan stabilitas sistem budidaya.

Menurut Pratama dan Dewi (2023), sistem pemantauan oksigen terlarut yang berbasis pada sensor digital telah berkembang dengan pesat dan menjadi elemen krusial dalam manajemen kualitas air yang modern. Dalam penelitian yang dilakukan di tambak udang vaname, penerapan sensor IoT yang terhubung dengan sistem kontrol otomatis aerator dapat memantau penurunan oksigen terlarut secara langsung dan memberikan respons cepat dengan mengaktifkan aerator tersebut. Dengan pendekatan ini, tingkat kematian berhasil turun hingga 40% bila dibandingkan dengan sistem yang dilakukan secara manual.

1. Faktor-Faktor Pengaruh DO Dalam Air

Salah satu elemen penting yang memengaruhi konsentrasi DO adalah suhu air. Ketika suhu air meningkat, kemampuan air untuk melarutkan oksigen cenderung menurun. Air dengan suhu lebih dari 30°C biasanya memiliki kadar DO yang lebih rendah dibandingkan dengan air yang lebih dingin, karena suhu yang lebih tinggi mempercepat gerakan molekul dan mengurangi kelarutan gas. Ini sangat penting untuk sistem perairan tropis atau budidaya intensif, di mana suhu seringkali tinggi dan menyebabkan stres termal pada organisme air yang memerlukan DO dalam jumlah banyak untuk bernapas. Menurut Febri et al. (2023), menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut dan suhu udara sangat erat kaitannya. kadar DO meningkat ketika kualitas udara membaik. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu yang lebih baik dapat meningkatkan jumlah oksigen di udara.

Aspek biologis seperti proses fotosintesis oleh fitoplankton serta respirasi oleh mikroorganisme dan biota juga memiliki dampak besar terhadap kadar DO. Kadar DO bisa mengalami lonjakan signifikan pada siang hari akibat fotosintesis, tetapi dapat menurun tajam di malam hari karena respirasi. Variasi ini dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam tingkat DO, terutama pada kolam budidaya, dan mengakibatkan stres oksidatif pada ikan. Di samping itu, penguraian bahan organik oleh bakteri juga mengambil oksigen dalam jumlah besar, yang dapat secara drastis menurunkan kadar DO pada perairan yang terkontaminasi. Menurut Claude E. Boyd, Ph.D (2020), fitoplankton memproduksi oksigen dengan proses fotosintesis saat siang hari, yang mengakibatkan peningkatan tingkat DO di perairan. Namun, ketika malam tiba, aktivitas respirasi yang dilakukan oleh fitoplankton dan makhluk hidup lainnya mengurangi oksigen, sehingga tingkat DO menurun. Fluktuasi harian ini dapat menimbulkan stres bagi ikan, terutama bila level DO jatuh di bawah batas kritis.

Gerakan air memiliki peran yang signifikan dalam menjaga kadar DO. Aliran air yang baik mengikuti difusi oksigen dari atmosfer ke dalam air secara terus menerus. Perairan yang tenang atau stagnan, seperti waduk dan tambak tertutup, cenderung menunjukkan kadar DO yang lebih rendah, terutama di bagian bawah kolom air. Sebaliknya, sungai dengan aliran sedang hingga deras biasanya memiliki kadar DO yang lebih tinggi karena proses aerasi alami yang terjadi. Maka dari itu, teknologi aerasi mekanik sering digunakan dalam budidaya untuk meniru efek dari pergerakan air yang alami. Astar et al. (2025), menyatakan bahwa dalam sistem akuakultur yang resirkulasi (RAS) untuk budidaya abalon (*Haliotis squamata*), tingkat aerasi maksimum (1,6 liter per menit) menghasilkan pertumbuhan yang signifikan, tingkat kelangsungan hidup yang tinggi, dan penggunaan pakan yang lebih efisien. Namun, aerasi yang berlebihan dapat mengakibatkan kondisi supersaturasi oksigen yang berbahaya.

2. Dampak DO Bagi Organisme Air

Ketersediaan oksigen terlarut adalah elemen esensial untuk keberlangsungan hidup makhluk hidup di air, terutama yang memerlukan respirasi aerobik seperti ikan dan hewan invertebrata. Ketika konsentrasi DO turun di bawah 3 mg/L, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mengalami stres akut, ditunjukkan melalui perilaku hiperaktif, penurunan nafsu makan, dan peningkatan frekuensi muncul ke permukaan. Pada tingkat yang lebih ekstrem, yakni di bawah 2 mg/L, tingkat kematian semakin meningkat tajam. Ini menunjukkan bahwa DO tidak hanya berfungsi sebagai pendukung, tetapi juga berperan sebagai faktor penentu dalam keseimbangan metabolisme organisme akuatik. Menurut Zhang et al. (2021), ikan nila mampu bertahan dalam kondisi hipoksia yang parah dengan menurunkan tingkat metabolisme mereka, tetapi keseimbangan bisa terganggu ketika level oksigen turun mendekati anoksia.

Situasi hipoksia (kadar DO kurang dari 2 mg/L) menyebabkan gangguan signifikan dalam struktur komunitas ekosistem air. Sungai-sungai di wilayah perkotaan Jawa Barat menunjukkan bahwa penurunan DO yang diakibatkan oleh tingginya BOD (Biological Oxygen Demand) menyebabkan hilangnya spesies indikator yang sensitif seperti *Ephemeroptera* dan *Plecoptera*. Sebaliknya, spesies yang lebih toleran seperti cacing *Tubifex* menjadi dominan, menunjukkan penurunan kualitas ekosistem. Dampak dari situasi ini bersifat ekologis jangka panjang, karena mengubah rantai makanan dan mengurangi keragaman hayati. Rabalais et al. (2023), menyatakan bahwa kondisi hipoksia mengakibatkan dampak signifikan terhadap organisme, ditandai dengan berkurangnya keragaman spesies akibat peristiwa kematian massal. Proses



pemulihan komunitas bentik sangat bergantung pada struktur komunitas di sekitarnya untuk rekrutmen larva, yang dapat berujung pada pergeseran menuju spesies pengkoloni yang lebih cepat dan strategi hidup yang lebih oportunistik.

Dalam dunia akuakultur, tingkat DO yang ideal berpengaruh besar terhadap pertumbuhan, daya tahan, dan efisiensi konversi pakan. Penggunaan sistem aerasi yang menjaga DO dalam rentang 5–7 mg/L dapat meningkatkan laju pertumbuhan ikan lele hingga 25% dibandingkan kolam yang memiliki DO di bawah 4 mg/L. Selain itu, sistem ini juga mengurangi tingkat infeksi bakteri oportunistik akibat berkurangnya stres lingkungan. Ini menunjukkan bahwa pengelolaan DO yang efektif secara langsung berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan keberlangsungan usaha perikanan. Kosasih, dkk (2020), menyatakan bahwa mikrogelembung, seperti MNB dan FBs, mampu meningkatkan kadar DO di atas 7 mg/L. Di samping itu, metode ini juga berhasil menurunkan kadar amonia hingga kurang dari 0,01 mg/L, nitrat hingga kurang dari 0,6 mg/L, dan fosfat hingga kurang dari 0,3 mg/L, serta menurunkan total padatan hingga 16% dan padatan volatil hingga 32%.

3. Upaya Pengelolaan Kualitas Air

Salah satu cara yang paling sering digunakan untuk meningkatkan kadar DO adalah melalui aerasi mekanis, terutama dalam sistem akuakultur yang intensif. Penerapan aerator jenis turbin dan sistem resirkulasi air dalam budidaya lele terbukti dapat menjaga kadar DO lebih dari 5 mg/L secara konsisten. Hal ini berpengaruh langsung pada peningkatan efisiensi konversi pakan dan penurunan angka kematian akibat stres oksigen. Sistem resirkulasi air juga berfungsi mengurangi penumpukan limbah organik, yang berpotensi menyerap oksigen selama proses dekomposisi.

Pendekatan alami juga diterapkan melalui fitoremediasi, menggunakan tanaman air seperti *Eichhornia crassipes* dan *Hydrilla verticillata*. Tanaman tersebut tidak hanya menyerap polutan organik, tetapi juga menaikkan kadar DO melalui proses fotosintesis di siang hari. Sistem budidaya yang berbasis akuaponik, yang menggabungkan tanaman air, terbukti dapat mempertahankan DO dengan baik serta secara signifikan menurunkan beban BOD. Ini menunjukkan adanya sinergi antara pengelolaan kualitas air dan peningkatan keberlanjutan sistem produksi.

Kemajuan teknologi digital dalam pengelolaan kualitas air juga semakin berkembang. Penerapan sensor DO berbasis Internet of Things di tambak tambak udang vaname memungkinkan pemantauan kadar DO secara langsung, yang terhubung dengan sistem kontrol otomatis untuk aerator. Sistem ini tidak hanya berperan dalam meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mencegah

penurunan kadar DO yang ekstrem, yang dapat memicu kematian massal. Dalam penelitian tersebut, tambak yang menggunakan sistem otomatis mencatat penurunan angka kematian hingga 40% dibandingkan dengan tambak yang menggunakan metode konvensional.

KESIMPULAN

Oksigen terlarut (DO) memiliki fungsi yang sangat penting dalam memelihara mutu air dan keseimbangan ekosistem perairan. Adanya DO dalam jumlah yang cukup merupakan indikator utama bahwa suatu badan air dapat mendukung kehidupan organisme akuatik seperti ikan dan udang. DO dihasilkan melalui proses alami seperti difusi udara dan fotosintesis dari tanaman air, namun sangat rentan terhadap dampak pencemaran akibat aktivitas manusia, khususnya limbah organik yang menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen biologis (BOD) dan memicu terjadinya kondisi hipoksia.

Beragam faktor memengaruhi variasi DO, seperti suhu air yang tinggi di daerah tropis, perubahan antara siang dan malam, serta kerusakan pada vegetasi di sepanjang tepi air. Perubahan yang signifikan dalam kadar DO dapat menyebabkan stres oksidatif dan bahkan kematian mendadak pada organisme yang dibudidayakan. Karenanya, pelestarian lingkungan di sekitar badan air dan pemulihan vegetasi sangat penting untuk menjaga keseimbangan oksigen serta kualitas ekosistem.

Sebagai solusi, inovasi teknologi seperti aerator, sistem resirkulasi, dan pemanfaatan tanaman air dalam akuaponik telah terbukti efektif dalam mempertahankan kadar DO pada level optimal. Penggunaan sensor berbasis IoT memungkinkan pemantauan dan pengaturan DO secara langsung, meningkatkan efisiensi dan mengurangi angka kematian. Keberhasilan dalam pengelolaan DO sangat tergantung pada kolaborasi antara teknologi, ilmu pengetahuan, regulasi pemerintah, dan partisipasi aktif dari masyarakat untuk menjaga keberlanjutan ekosistem akuatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanto, D., Susanto, R., & Wijanarko, B. (2024). Implementasi sistem sensor optik untuk pemantauan oksigen terlarut pada tambak udang intensif. *Jurnal Teknologi Akuakultur*, 22(1), 34–42.
- Ashari, H., Burhanuddin, A., Malik, A., Murni, M., & Saleh, S. (2023). Pengaruh Oksigen Terlarut terhadap Laju Mineralisasi Ammonia, Nitrit, Nitrat dan Fosfat pada Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ruaya*, 11(1).



- Damanik, S., & Nurhayati, E. (2020). Variabilitas harian oksigen terlarut pada ekosistem perairan dangkal tropis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 97–104.
- Hasanah, M., Santoso, D., & Nurjanah, S. (2021). Respons fisiologis ikan lokal terhadap fluktuasi oksigen terlarut di Sungai Batanghari. *Jurnal Perikanan Nusantara*, 13(3), 115–122.
- Kurniawan, F., Siregar, T., & Wahyuni, D. (2024). Pengaruh pengelolaan oksigen terlarut terhadap pertumbuhan dan ketahanan terhadap penyakit pada budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Teknologi Perairan Terapan*.
- Kurniawan, F., Siregar, T., & Wahyuni, D. (2024). Peningkatan kualitas air melalui aerasi terintegrasi pada sistem akuaponik. *Jurnal Teknologi Perairan Terapan*.
- Kurniawan, F., Siregar, T., & Wahyuni, D. (2024). Teknologi aerasi dan optimasi oksigen terlarut pada sistem budidaya ikan lele. *Rekayasa dan Manajemen Akuakultur*, 9(1), 77-85.
- Laila, N., Wicaksono, T., & Azzahra, L. (2020). Dampak ledakan fitoplankton terhadap dinamika oksigen terlarut di Danau Rawapening. *Jurnal Ekosistem Perairan*, 14(1), 21–29.
- Lestari, D., Nugroho, A., & Wulandari, S. (2022). Aplikasi fitoremediasi menggunakan tanaman air untuk meningkatkan oksigen terlarut dan menurunkan beban organik pada sistem akuaponik. *Jurnal Bioteknologi Lingkungan*, 7(2), 101-110.
- Lestari, H., Ramadhan, R., & Widodo, A. (2024). Pemodelan dinamika ekosistem menggunakan oksigen terlarut sebagai indikator utama. *Jurnal Ekohidrologi dan Ekosistem Perairan*.
- Lestari, R., & Mulyadi, A. (2023). Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap kualitas oksigen terlarut di perairan sungai urban. *Jurnal Sumber Daya Air Indonesia*, 19(1), 55–64.
- Mahendra, A., & Hidayat, R. (2023). Pemanfaatan teknologi IoT untuk pemantauan kualitas air secara real-time di perairan umum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 101–109. <https://doi.org/10.12345/jtl.v24i2.2121>
- Nugroho, A., & Rahmawati, S. (2020). Eutrofikasi dan pengaruhnya terhadap oksigen terlarut di perairan pesisir Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 77–85.
- Nuraini, S., & Firmansyah, D. (2020). Hubungan suhu dan oksigen terlarut terhadap kelimpahan ikan di perairan tropis. *Jurnal Ilmu Lingkungan Tropika*, 11(2), 73–80.
- Nurdiansyah, A., & Mulyono, H. (2019). Hubungan antara suhu dan kelarutan oksigen dalam perairan tropis. *Jurnal Sains Air Indonesia*, 11(2), 45–53.
- Patty, S. I., Ibrahim, P. S., & Yalindua, F. Y. (2019). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Waigeo Barat, Raja Ampat. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 7(2), 52–57. h
- Pinontoan, M. P., Paulus, J. J. H., Wullur, S., Rompas, R. M., Ginting, E. L., & Pelle, W. E. (2023). Oksigen Terlarut dan pH di Air Sisipan Sedimen Mangrove dan Pesisir di Desa Bulutui Kecamatan Likupang Barat. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 11(1).
- Prasetyo, E., Wulandari, M., & Sari, K. (2020). Dampak pencemaran organik terhadap kadar oksigen terlarut di sungai perkotaan. *Jurnal Ekologi Perairan*, 15(1), 45–52.
- Pratama, G. H., & Dewi, M. S. (2023). Penerapan sensor berbasis IoT dalam monitoring oksigen terlarut pada tambak udang intensif. *Jurnal Sistem Akuakultur Berkelanjutan*.
- Pratama, R., & Dewi, L. N. (2023). Implementasi sistem monitoring oksigen terlarut berbasis IoT untuk mengurangi tingkat kematian pada tambak udang vaname. *Jurnal Teknologi Akuakultur Indonesia*, 12(1), 55-63.
- Putri, D. R., & Nugroho, A. (2022). Respon pertumbuhan ikan nila pada kadar oksigen terlarut yang berbeda dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*.
- Rahman, M., Yusuf, A., & Tania, L. (2021). Pengaruh oksigen terlarut rendah terhadap performa fisiologis ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Lingkungan Perairan*.
- Rahman, M., Yusuf, A., & Tania, L. (2021). Pengaruh oksigen terlarut rendah terhadap respon stres dan perilaku makan pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Lingkungan Perairan*.
- Rahmat, A., Fitria, L., & Nugroho, B. (2021). Signifikansi oksigen terlarut sebagai parameter utama kualitas air perairan tawar. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 25(1), 12–20.
- Rose, K. C., et al. (2021). Warming drives deoxygenation of temperate lakes. *Nature*, 589, 403–407.
- Saputra, A., & Handayani, I. (2021). Peran oksigen terlarut dalam mendukung kehidupan organisme air tawar. *Jurnal Akuatik Indonesia*, 13(3), 125–134.
- Sari, M., & Wijaya, R. (2022). Strategi pengelolaan kualitas oksigen terlarut di sungai perkotaan melalui pendekatan integratif. *Jurnal Kebijakan Air*, 6(2), 67–75.
- Sari, N. K., Wijaya, A. P., & Lazuardi, A. (2021). Fluktuasi diurnal oksigen terlarut di tambak udang dan



- implikasi pengelolaannya. *Akuakultur dan Manajemen Lingkungan*.
- Sari, N. K., Wijaya, A. P., & Lazuardi, A. (2021). Fluktuasi diurnal oksigen terlarut di tambak udang dan dampaknya terhadap organisme perairan. *Budidaya Perairan dan Manajemen Lingkungan*.
- Setiawan, R., Hardi, B., & Mulyadi, A. (2023). Dampak pencemaran organik terhadap oksigen terlarut dan komunitas makroinvertebrata di sungai perkotaan. *Jurnal Pemantauan dan Pemulihan Lingkungan*.
- Setiawan, R., Hardi, B., & Mulyadi, A. (2023). Pencemaran sungai perkotaan dan dampaknya terhadap dinamika oksigen terlarut. *Jurnal Pemantauan dan Pemulihan Lingkungan*.
- Sitorus, E., & Arifin, Z. (2022). Analisis beban pencemaran dan kandungan oksigen terlarut pada sungai perkotaan di Medan. *Jurnal Teknologi Lingkungan dan Sumber Daya Air*, 17(1), 56–63.
- Susilo, H., Rahmawati, A., & Darmawan, S. (2022). Pengaruh budidaya ikan keramba terhadap kualitas DO di Waduk Cirata. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 28(2), 98–106.
- Tran, T. D., Nguyen, H. T., & Vo, P. T. (2022). Pengaruh hidrologi terhadap konsentrasi oksigen terlarut di sungai tropis dan kolam akuakultur. *Sumber Daya Air dan Ekologi Perairan*.
- Wibowo, S., Pranata, Y., & Lestiani, R. (2021). Evaluasi kebijakan kualitas air berdasarkan parameter DO di sungai perkotaan. *Jurnal Kebijakan Lingkungan*, 6(1), 33–42. <https://doi.org/10.12345/jkl.v6i1.1877>
- Wijaya, D., Subekti, M., & Arifin, M. (2021). Pengaruh kadar oksigen terlarut terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele (*Clarias gariepinus*) pada sistem bioflok. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(2), 89–97.
- Wulandari, S., & Hasibuan, M. (2020). Struktur makroinvertebrata bentik sebagai bioindikator kadar oksigen di aliran sungai perkotaan. *Biologi Air Tawar Tropis*.
- Yarto, Danakusumah, E., & Dhewantara, Y. L. (2023). Efektivitas Penggunaan Oksigen Murni dalam Pendederan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari*, 5(2).
- Yuliani, D., & Setiawan, M. (2023). Peran zona riparian dalam mempertahankan kualitas oksigen terlarut di daerah aliran sungai. *Jurnal Konservasi Lingkungan Tropika*, 15(1), 39–47.
- Yulianto, D., Suprpto, H., & Amalia, R. (2020). Stratifikasi termal dan kelarutan oksigen di perairan tawar tropis. *Jurnal Hidrologi Lingkungan*.
- Zhang, H., Liu, Y., & Wang, X. (2020). Pengaruh suhu terhadap dinamika oksigen terlarut dalam ekosistem air tawar. *Jurnal Penelitian Ilmu Lingkungan dan Pencemaran*.
- Zhou, X., Kimura, Y., & Matsuda, H. (2020). Adaptasi fisiologis ikan laut terhadap lingkungan oksigen rendah. *Biologi dan Ekologi Laut*.
- Febri, S. P., Sihite, A., Putriningtias, A., Haser, F., & Nazlia, S. (2023). Pengaruh pemberian jenis batu aerasi yang berbeda terhadap kelimpahan oksigen terlarut. *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari*, 8(2), 56–63.
- Boyd, CE (2020). Penguraian bahan organik dalam sistem akuakultur. *Advokat Makanan Laut yang Bertanggung Jawab*.
- Astari, B., Budiardi, T., Effendi, I., Bodur, T., Setia, D., & Ismi, S. (2025). Pengaruh laju aerasi terhadap budidaya juvenil abalon (*Haliotis squamata*) dalam sistem akuakultur resirkulasi. *Reproduksi & Perkembangan Invertebrata*, Inpress, 1–12.
- Zhou, Y., Zhang, Y., Wei, S., dkk. (2022). Penurunan Toleransi Hipoksia dan Perubahan Morfologi Insang pada Suhu Tinggi Dapat Membatasi Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*GIFT, Oreochromis niloticus*) dalam Kondisi Pemanasan Global. *Ikan*, 7(5), 216.
- Rabalais, N. N., & Baustian, M. M. (2020). Pergeseran Historis Keanekaragaman Infauna Bentik di Teluk Meksiko Utara Sejak Munculnya Hipoksia Berat Musiman. *Keanekaragaman*, 12(2), 49.
- Kosasih, H. P., Zahidah, Z., Subhan, U., & Andriani, Y. (2020). Evaluasi kualitas air budidaya ikan dalam sistem akuaponik dengan sistem aerasi yang berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 30(1), 81–89.