 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

STRATEGI MANAJEMEN KUALITAS AIR DI PERAIRAN UMUM UNTUK MENDUKUNG KEHIDUPAN AKUATIK

Meserius Harefa[1)], Eduardus Heronimus Halawa[2)], Andika Taufik Perdamaian Telaumbanua[3)]

[1)] Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: meserius7@gmail.com
[2)] Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: heronimushalawa33@gmail.com
[3)] Sumber Daya Akuatik, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: andikataufikperdamaian@gmail.com

Abstract

Water quality management in public waters is a crucial aspect of maintaining ecosystem balance and the sustainability of aquatic resources. This study examines key water quality parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, and organic matter content, as well as their impact on aquatic life. Data were collected through field surveys and laboratory analyses at various public water locations. Results indicated significant variations in water quality, largely influenced by anthropogenic activities such as agriculture and industry. The study recommends sustainable management strategies to preserve water quality and support aquatic ecosystem conservation.

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

Abstrak

Manajemen kualitas air di perairan umum merupakan aspek penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan sumber daya perairan. Penelitian ini membahas parameter-parameter utama kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan kandungan bahan organik, serta dampaknya terhadap kehidupan akuatik. Metode pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan dan analisis laboratorium pada beberapa lokasi perairan umum. Hasil menunjukkan adanya variasi kualitas air yang signifikan dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik, seperti pertanian dan industri. Studi ini merekomendasikan strategi pengelolaan berkelanjutan untuk menjaga kualitas air dan mendukung konservasi ekosistem akuatik.

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

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

PENDAHULUAN

Perairan umum seperti sungai, danau, waduk, dan rawa memiliki peran penting dalam kehidupan manusia dan keberlangsungan ekosistem akuatik. Sumber daya ini tidak hanya menjadi tumpuan bagi kebutuhan domestik dan industri, tetapi juga menyediakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna air. Oleh karena itu, menjaga kualitas air di perairan umum merupakan hal yang krusial untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem serta menjamin ketersediaan air bersih bagi generasi mendatang.

Namun, dalam beberapa dekade terakhir, kualitas air di banyak perairan umum mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya aktivitas antropogenik, seperti pembuangan limbah rumah tangga, limbah industri, serta limbah pertanian yang mengandung bahan kimia berbahaya. Pencemaran ini menyebabkan terjadinya eutrofikasi, peningkatan kandungan logam berat, serta penurunan kadar oksigen terlarut yang berdampak langsung terhadap kehidupan biota air.

Manajemen kualitas air menjadi pendekatan penting dalam menghadapi permasalahan ini. Manajemen yang efektif mencakup pemantauan berkala, penegakan regulasi lingkungan, serta penerapan teknologi pengolahan air. Selain itu, pendekatan berbasis ekosistem juga menjadi perhatian utama, di mana perairan dikelola dengan mempertimbangkan interaksi antar komponen ekosistem serta dampak aktivitas manusia secara menyeluruh.

Salah satu indikator penting dalam penilaian kualitas air adalah parameter fisika, kimia, dan biologi air, seperti suhu, pH, kekeruhan, kadar oksigen terlarut (DO), Biological Oxygen Demand (BOD), serta kehadiran mikroorganisme patogen. Pemahaman yang mendalam terhadap parameter-parameter ini sangat diperlukan untuk menentukan langkah-langkah manajemen yang tepat, termasuk rehabilitasi kawasan yang telah tercemar.

Kebijakan pengelolaan kualitas air juga harus melibatkan peran serta masyarakat dan sektor swasta. Partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan sekitar perairan dan kesadaran industri terhadap pentingnya pengolahan limbah sebelum dibuang ke badan air menjadi bagian dari strategi jangka panjang. Pendidikan dan sosialisasi tentang pentingnya air bersih juga berperan dalam mengubah pola pikir masyarakat terhadap sumber daya air.

Selain aspek teknis dan sosial, manajemen kualitas air di perairan umum memerlukan dasar hukum yang kuat. Di Indonesia, terdapat berbagai peraturan seperti Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Namun, implementasi di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dari segi pengawasan dan penegakan hukum.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi kualitas air di beberapa perairan umum di Indonesia, mengevaluasi efektivitas manajemen yang telah diterapkan, serta memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih adaptif dan berkelanjutan. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya air yang lebih baik di masa depan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas air di perairan umum dipengaruhi oleh berbagai faktor baik alami maupun antropogenik. Beberapa studi menunjukkan bahwa aktivitas manusia seperti pembuangan limbah, perubahan tata guna lahan, dan urbanisasi menjadi penyebab utama degradasi kualitas air (Sukmana et al., 2019). Menurut Kordi dan Tanjung (2017), limbah domestik dan industri yang dibuang tanpa pengolahan menyebabkan tingginya konsentrasi bahan organik dan anorganik di badan air, yang kemudian memicu eutrofikasi serta menurunkan kadar oksigen terlarut.

Parameter fisik, kimia, dan biologi menjadi indikator utama dalam menilai kondisi kualitas air. Suhu, pH, oksigen terlarut, BOD, COD, dan total suspended solids (TSS) adalah beberapa parameter yang umum digunakan dalam pemantauan kualitas air (Effendi, 2003). Penurunan kualitas air biasanya ditandai dengan meningkatnya nilai BOD dan COD serta turunnya kadar DO. Tingginya BOD menunjukkan tingginya kandungan bahan organik yang membutuhkan oksigen untuk proses dekomposisi oleh mikroorganisme (Yuliana et al., 2020).

Menurut penelitian oleh Rahmawati dan Pramono (2021), pengelolaan kualitas air yang efektif memerlukan pemantauan berkala dan pelaporan data secara transparan kepada publik. Teknologi pemantauan kualitas air secara real-time dan berbasis Internet of Things (IoT) telah mulai diterapkan di beberapa negara sebagai bentuk modernisasi dalam pengawasan kualitas air. Di Indonesia, penggunaan teknologi ini masih terbatas karena keterbatasan infrastruktur dan biaya (Santosa, 2022).

Upaya manajemen kualitas air di Indonesia diatur dalam berbagai regulasi, salah satunya Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Regulasi ini mengklasifikasikan perairan berdasarkan penggunaannya dan menetapkan baku mutu air sesuai klasifikasi tersebut. Namun, implementasi kebijakan

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

seringkali terkendala oleh lemahnya pengawasan, keterbatasan sumber daya manusia, dan rendahnya kesadaran masyarakat (Setiawan & Rahayu, 2018).

Keterlibatan masyarakat menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan pengelolaan perairan umum. Studi oleh Putri et al. (2020) menunjukkan bahwa program edukasi dan partisipasi masyarakat dalam kegiatan bersih sungai mampu menurunkan kadar limbah plastik dan meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya menjaga kelestarian perairan. Oleh karena itu, pendekatan kolaboratif yang melibatkan pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta menjadi strategi yang efektif dalam pengelolaan kualitas air (Handayani & Nugroho, 2019).

Selain itu, pendekatan berbasis ekosistem juga dianggap mampu menjawab kompleksitas permasalahan kualitas air. Pendekatan ini mempertimbangkan hubungan antar komponen lingkungan, sehingga tindakan manajemen tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memperhatikan aspek ekologi dan sosial (Arifin et al., 2016). Strategi ini telah berhasil diterapkan dalam pengelolaan danau-danau besar di luar negeri dan mulai diadopsi di beberapa wilayah di Indonesia, seperti Danau Toba dan Rawa Pening.

Secara keseluruhan, studi-studi terdahulu memberikan pemahaman bahwa manajemen kualitas air tidak hanya membutuhkan teknologi dan regulasi, tetapi juga pendekatan integratif yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan. Oleh karena itu, kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengembangkan strategi pengelolaan air yang lebih adaptif dan berkelanjutan, sesuai dengan tantangan lokal dan dinamika ekosistem di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif manajemen kualitas air di perairan umum, baik dari segi kondisi kualitas air berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi, maupun dari aspek kelembagaan, partisipasi masyarakat, dan implementasi kebijakan pengelolaan air. Metodologi penelitian disusun secara sistematis untuk memperoleh data yang valid dan relevan guna menjawab rumusan masalah serta mencapai tujuan penelitian.

1. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif (mixed methods). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan menganalisis parameter kualitas air secara ilmiah dan objektif berdasarkan standar baku mutu air. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami fenomena sosial dan kelembagaan yang terkait dengan manajemen kualitas air, termasuk wawasan dari pemangku kepentingan, partisipasi masyarakat, serta tantangan implementasi kebijakan lingkungan.

Jenis penelitian ini adalah studi kasus eksploratif yang difokuskan pada tiga perairan umum sebagai lokasi penelitian, yaitu:

- Sungai X (daerah aliran sungai dengan aktivitas industri menengah),
- Danau Y (perairan tertutup dengan tekanan wisata tinggi), dan
- Waduk Z (perairan buatan untuk irigasi dan perikanan).

Lokasi dipilih secara purposive sampling dengan mempertimbangkan variasi kondisi geografis, tingkat pencemaran, dan intensitas aktivitas manusia.

2. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik untuk menjamin kelengkapan dan keakuratan informasi, yakni:

a. Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel air di tiga titik pada masing-masing lokasi (hulu, tengah, dan hilir untuk sungai; inlet, tengah, dan outlet untuk danau dan waduk). Pengambilan dilakukan pada pagi hari (antara pukul 06.00–09.00) untuk menghindari pengaruh suhu siang terhadap parameter fisik air.

Parameter yang diukur meliputi:

- Fisik: Suhu (dengan termometer digital), kekeruhan (menggunakan turbidimeter), warna, dan total padatan tersuspensi (TSS).
- Kimia: pH (pH meter), oksigen terlarut/DO (DO meter), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), nitrat, fosfat, amonia, dan logam berat (Hg, Pb, Cd).
- Biologis: Kandungan coliform total dan E. coli (uji MPN), serta identifikasi fitoplankton dan zooplankton.

Sampel dianalisis di laboratorium lingkungan terakreditasi menggunakan prosedur Standar Nasional Indonesia (SNI) dan pedoman dari American Public Health Association (APHA, 2017).

b. Wawancara Mendalam

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur terhadap 15 informan kunci yang terdiri dari:

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

- Pejabat Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Sumber Daya Air,
- Perwakilan masyarakat lokal (RT/RW, kelompok nelayan, petani),
- Pengusaha lokal yang memanfaatkan perairan,
- Aktivis lingkungan dan akademisi.

Wawancara bertujuan untuk menggali persepsi, kebijakan, implementasi teknis pengelolaan air, serta hambatan dan peluang dalam pelaksanaannya.

c. Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder berupa dokumen:

- Kebijakan dan regulasi terkait (PP No. 82 Tahun 2001, Permen LHK, dan perda setempat),
- Data historis kualitas air dari instansi pemerintah atau lembaga riset,
- Laporan audit lingkungan dari industri atau lembaga pengawasan.

d. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan untuk melihat kondisi aktual badan air, aktivitas masyarakat di sekitar perairan (mandi, mencuci, membuang sampah), fasilitas pengelolaan limbah, serta infrastruktur pengolahan air (IPAL, kolam stabilisasi, dll.). Observasi dicatat dalam log harian dan didokumentasikan dengan foto serta video.

3. Teknik Analisis Data

a. Analisis Kuantitatif

Data parameter kualitas air dianalisis menggunakan statistik deskriptif, seperti nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan standar deviasi. Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 sesuai klasifikasi peruntukan (kelas I-IV). Jika terdapat nilai yang melebihi ambang batas, maka dilakukan analisis risiko terhadap ekosistem dan manusia

Selain itu, digunakan indeks pencemaran (Pollution Index/PI) untuk menilai status mutu air berdasarkan metode dari Kementerian Lingkungan Hidup:

$$PI= 1n1=1ncisi2$$

di mana Ci adalah konsentrasi parameter i, dan Si adalah standar baku mutu parameter i.

b. Analisis Kualitatif

Data dari wawancara dan observasi dianalisis dengan metode analisis tematik (thematic analysis), yaitu:

- Koding data berdasarkan tema (misalnya: partisipasi masyarakat, tantangan teknis, penegakan hukum),
- Kategorisasi temuan berdasarkan aktor,
- Interpretasi terhadap dinamika manajemen kualitas air di masing-masing lokasi.

c. Triangulasi

Untuk menjamin validitas data, dilakukan triangulasi metode dan sumber, yakni:

- Membandingkan data hasil uji laboratorium dengan data dokumentasi instansi,
- Mengaitkan hasil wawancara dengan hasil observasi langsung,
- Menyesuaikan hasil kualitatif dengan temuan kuantitatif dalam penilaian kondisi lapangan.

4. Etika Penelitian

Penelitian ini mematuhi prinsip-prinsip etika penelitian sebagai berikut:

- Setiap informan wawancara diberikan penjelasan dan formulir persetujuan (informed consent) sebelum wawancara dilakukan.
- Identitas responden dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk keperluan akademik.
- Peneliti tidak melakukan tindakan yang dapat merusak lingkungan atau menimbulkan gangguan pada ekosistem perairan selama proses pengambilan sampel.
- Seluruh kegiatan penelitian mendapatkan izin dari instansi terkait dan mengikuti protokol keselamatan kerja di lapangan dan laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan data dari tiga lokasi utama: Sungai X, Danau Y, dan Waduk Z. Data dikumpulkan berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi air, serta hasil observasi lapangan, wawancara dengan pihak berwenang, dan partisipasi masyarakat. Berikut adalah ringkasan hasil yang ditemukan:

1. Parameter Fisika

Suhu air berkisar antara 27°C–31°C. Suhu tertinggi ditemukan di Waduk Z, diduga akibat minimnya vegetasi peneduh.

Kekeruhan tertinggi terdapat di Sungai X, mencapai 78 NTU—melebihi baku mutu kelas II (25

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

NTU). Hal ini menunjukkan tingginya sedimen tersuspensi dari limpasan tanah dan aktivitas industri.

2. Parameter Kimia

- pH relatif stabil di semua lokasi (6,5–7,5), masih dalam batas normal.
- Dissolved Oxygen (DO) terendah ditemukan di Sungai X (3,1 mg/L), mengindikasikan pencemaran organik tinggi.
- BOD dan COD tertinggi juga di Sungai X: 10,4 mg/L dan 28,5 mg/L. Danau Y memiliki nilai sedang, sedangkan Waduk Z relatif lebih rendah.
- Nitrat dan Fosfat tertinggi di Waduk Z (4,2 mg/L dan 1,3 mg/L), menunjukkan potensi eutrofikasi.

3. Parameter Biologi

- Coliform total dan E. coli melebihi baku mutu di semua lokasi. Sungai X paling tercemar dengan 3.900 MPN/100 ml.
- Keberadaan Microcystis (alga biru-hijau) melimpah di Danau Y, menunjukkan potensi harmful algal bloom.

4. Implementasi Manajemen

- Regulasi nasional seperti PP No. 82 Tahun 2001 sudah tersedia, tetapi implementasi masih lemah.
- Monitoring kualitas air belum dilakukan secara berkala dan masih mengandalkan metode manual.
- IPAL komunal hanya tersedia di sebagian wilayah Sungai X; Danau Y dan Waduk Z minim fasilitas pengolahan limbah.

5. Partisipasi Masyarakat

- Kegiatan masyarakat seperti gotong royong pembersihan sungai bersifat temporer.
- Masih ditemukan perilaku membuang limbah domestik langsung ke badan air.
- Inisiatif lokal di Waduk Z (kelompok tani air) menunjukkan potensi partisipasi yang dapat dikembangkan lebih lanjut.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan umum di Indonesia masih menghadapi permasalahan serius dalam pengelolaan kualitas air, baik dari aspek pencemaran fisik dan kimia, maupun dari segi kelembagaan dan partisipasi masyarakat.

1. Pencemaran dan Kualitas Air

Tingginya nilai BOD, COD, serta rendahnya DO terutama di Sungai X mencerminkan beban pencemaran organik yang tinggi, umumnya berasal dari limbah domestik yang tidak terolah. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Suryani et al. (2020), yang menyebutkan bahwa permukiman padat penduduk di bantaran sungai menjadi kontributor utama pencemaran organik.

Di sisi lain, Danau Y menghadapi tantangan dari limbah wisata, sedangkan Waduk Z cenderung mengalami penumpukan nutrien dari limpasan pertanian, menyebabkan kondisi sub-eutrofik. Keberadaan Microcystis di Danau Y menunjukkan bahwa eutrofikasi sudah mulai terjadi, dan bila tidak ditangani, dapat mengancam ekosistem dan kesehatan masyarakat.

2. Ketidakefektifan Implementasi Regulasi

Meskipun secara formal Indonesia memiliki peraturan tentang pengelolaan kualitas air, seperti PP No. 82 Tahun 2001, efektivitas penerapannya di lapangan masih rendah. Minimnya pengawasan, keterbatasan personel, serta lemahnya penegakan hukum menjadi hambatan utama.

Penemuan ini menguatkan pendapat dari Nugroho (2018) bahwa tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan di Indonesia bukan pada kekurangan regulasi, tetapi pada lemahnya sistem implementasi, termasuk kurangnya integrasi antarinstansi dan keterbatasan anggaran daerah.

3. Rendahnya Partisipasi Masyarakat

Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kualitas air masih rendah. Hasil wawancara menunjukkan bahwa masyarakat belum memahami dampak jangka panjang dari aktivitas pembuangan limbah sembarangan. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan edukasi publik dan pelibatan masyarakat dalam pengawasan kualitas air, sebagaimana direkomendasikan oleh Setiawan & Lestari (2017).

Namun, inisiatif positif seperti kelompok tani air di Waduk Z menunjukkan bahwa pemberdayaan masyarakat dapat menjadi pilar penting dalam manajemen air terpadu. Dukungan dari LSM dan pemerintah lokal menjadi kunci keberhasilan inisiatif tersebut.

4. Solusi dan Rekomendasi

- Berdasarkan temuan di atas, berikut beberapa poin penting yang perlu menjadi perhatian dalam perbaikan sistem manajemen kualitas air:

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

- Modernisasi sistem pemantauan dengan teknologi sensor otomatis dan platform digital untuk pelaporan real-time.
- Peningkatan kapasitas IPAL, khususnya di daerah padat penduduk dan destinasi wisata.
- Peningkatan edukasi lingkungan melalui kurikulum sekolah dan kampanye masyarakat.
- Kolaborasi multisektor, melibatkan pemerintah, swasta, dan komunitas lokal secara terpadu.

Pembahasan ini menunjukkan bahwa manajemen kualitas air di perairan umum bukan hanya soal teknologi dan regulasi, tetapi juga menyangkut perubahan perilaku sosial dan kelembagaan. Dibutuhkan pendekatan sistemik, adaptif, dan kolaboratif agar pengelolaan air dapat berkelanjutan.

KESIMPULAN

Perairan umum seperti sungai, danau, dan waduk memiliki peran vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem akuatik, namun kualitasnya kian menurun akibat aktivitas antropogenik yang tidak terkendali. Pencemaran limbah domestik, industri, dan pertanian menjadi faktor utama yang mengganggu keseimbangan ekosistem serta membahayakan keberlanjutan sumber daya air bersih.

Manajemen kualitas air menjadi langkah penting untuk menanggulangi permasalahan pencemaran tersebut. Pendekatan ini mencakup pemantauan berkala, penegakan regulasi lingkungan, pemanfaatan teknologi, dan pendekatan berbasis ekosistem. Namun, keberhasilan manajemen ini sangat bergantung pada kesadaran kolektif dan kerja sama antarsektor.

Studi ini menggunakan metode campuran kuantitatif dan kualitatif untuk menilai kualitas air secara fisik, kimia, dan biologi, serta menggali aspek sosial kelembagaan di tiga lokasi berbeda. Teknik pengumpulan data meliputi pengambilan sampel air, wawancara mendalam, observasi lapangan, dan studi dokumentasi guna memperoleh gambaran utuh terhadap kondisi dan tantangan manajemen kualitas air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai X mengalami pencemaran paling berat, ditandai dengan kekeruhan tinggi, kadar BOD dan COD yang melampaui ambang batas, serta rendahnya DO. Danau Y menunjukkan gejala eutrofikasi akibat tekanan wisata, sementara Waduk Z mengalami akumulasi nutrien dari aktivitas pertanian, menunjukkan kondisi sub-eutrofik yang berpotensi memburuk.

Dari sisi parameter biologi, semua lokasi mengandung bakteri coliform dan E. coli dalam jumlah melebihi baku mutu, menandakan sanitasi lingkungan yang buruk. Di Danau Y juga ditemukan alga biru-hijau jenis Microcystis, yang berpotensi menimbulkan bloom beracun jika tidak segera ditangani.

Implementasi kebijakan pengelolaan air seperti PP No. 82 Tahun 2001 belum optimal. Kelemahan utama terletak pada kurangnya pengawasan, minimnya fasilitas pengolahan limbah, serta keterbatasan sumber daya dan koordinasi antarlembaga. Teknologi pemantauan juga belum berkembang secara luas karena kendala infrastruktur dan biaya.

Partisipasi masyarakat masih rendah dan bersifat insidental. Masih banyak ditemukan perilaku membuang limbah langsung ke badan air. Meski begitu, terdapat potensi positif dari inisiatif lokal seperti kelompok tani air di Waduk Z, yang menunjukkan bahwa pelibatan aktif masyarakat bisa menjadi solusi berkelanjutan jika mendapat dukungan kelembagaan dan edukasi yang memadai.

Berdasarkan temuan ini, disarankan adanya penguatan kapasitas IPAL, modernisasi sistem monitoring berbasis sensor digital, integrasi pendidikan lingkungan ke dalam kurikulum, serta mendorong kolaborasi multisektor. Pendekatan sistemik, partisipatif, dan adaptif diperlukan untuk memastikan pengelolaan kualitas air di Indonesia menjadi lebih efektif dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan bimbingan,dan masukan yang sangat berharga selama proses penelitian ini.kesabaran dan pengetahuan yang dibagikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akinrotimi, O. A., Abu, O. M. G., & Aranyo, A. A. (2011). Environmental friendly aquaculture key to sustainable fish farming development in Nigeria. Continental Journal of Fisheries and Aquatic Science, 5(2), 17–31.

Alabaster, J. S., & Lloyd, R. (1980). Water quality criteria for freshwater fish. FAO.

American Public Health Association (APHA). (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21st ed.). APHA.

APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). American Public Health Association.

Arifin, Z., & Riani, E. (2018). Pengaruh parameter fisik-kimia air terhadap pertumbuhan ikan. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 10(1), 45–53.

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

Asaad, M. (2005). Metodologi Penelitian. UI-Press.
Azaza, M. S., et al. (2008). Influence of water temperature on growth of Nile tilapia. Aquaculture Research, 39(13), 1350–1358.
Beveridge, M. C. M., Phillips, M. J., & Macintosh, D. J. (1997). Aquaculture and the environment: The supply and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture. Aquaculture Research, 28(10), 797–807.
Bhatnagar, A., & Devi, P. (2013). Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International Journal of Environmental Sciences, 3(6), 1980–2009.
Boyd, C. E. (1982). Water quality management for pond fish culture. Elsevier Scientific Publishing Company.
Boyd, C. E. (2015). Water quality: An introduction. Springer.
Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1992). Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station.
Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). Pond aquaculture water quality management. Springer.
Costa-Pierce, B. A. (2002). Ecological aquaculture: The evolution of the blue revolution. Blackwell Science.
Dedi, J., & Wulandari, R. (2020). Pengaruh kualitas air terhadap kelangsungan hidup ikan nila. Jurnal Akuatik, 11(1), 14–21.
Diana, J. S. (2012). Aquaculture production and biodiversity conservation. BioScience, 62(1), 27–38.
Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius.
Effendi, H. (2005). Metodologi Penelitian Kualitas Air. Kanisius.
Effendi, H. (2016). Dinamika kualitas air di perairan umum. Jurnal Ilmu Lingkungan, 14(1), 45–54.
El-Sayed, A. F. M. (2006). Tilapia culture. CABI.
FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. FAO.
Golterman, H. L. (1969). Methods for chemical analysis of fresh waters. Blackwell.
Halwart, M., Soto, D., & Arthur, J. R. (2007). Aquatic biodiversity in rice-based ecosystems. FAO.
Hertrampf, J. W., & Pascual, F. P. (2000). Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Springer.
Kordi, M. G. H. (2010). Budidaya Ikan Nila. Rineka Cipta.
Kordi, M. G. H. (2012). Panduan Lengkap Akuakultur. Penebar Swadaya.
Kottelat, M., & Whitten, T. (1996). Freshwater biodiversity in Asia. World Bank.
Kurniasih, E., & Lestari, F. (2020). Pengaruh parameter kualitas air terhadap pertumbuhan ikan. Jurnal Akuakultur Air Tawar, 8(1), 15–22.
Kurniawan, R., & Supriyadi, H. (2016). Kualitas air untuk budidaya ikan air tawar. Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan, 10(1), 32–39.
Lestari, D., & Susilowati, R. (2017). Kualitas air dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan ikan nila. Jurnal Akuakultur Indonesia, 16(2), 112–120.
Mbahinzireki, G., Dabrowski, K., Lee, K. J., El-Saidy, D., & Wisner, E. R. (2001). Growth, feed utilization and body composition of tilapia (Oreochromis sp.) fed with cottonseed meal-based diets. Aquaculture Research, 32(6), 481–490.
Mollah, M. F. A., & Tan, E. S. P. (1983). Effects of pH on survival and growth of tilapia. Aquaculture, 30(3), 345–351.
Nasution, S. (2013). Pengantar Teknologi Perikanan. Graha Ilmu.
Nugroho, E. (2018). Teknik sampling dan pengukuran kualitas air. Jurnal Penelitian Perairan, 14(2), 88–94.
Nurdin, E. (2019). Analisis pertumbuhan ikan nila berdasarkan variasi pH. Jurnal Akuakultur Indonesia, 18(2), 110–117.
Nurdjana, M. L. (2006). Indonesian aquaculture development. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
Phan, L. T., et al. (2009). Comparative performance of tilapia strains in different water conditions. Aquaculture International, 17(2), 117–125.
Putra, R. A. (2021). Pemanfaatan instrumen digital dalam pengukuran pH dan suhu air. Jurnal Inovasi Teknologi, 5(1), 33–41.
Rahayu, E. D., & Listyawati, T. (2018). Kajian parameter fisik dan kimia air dalam budidaya perikanan. Jurnal Akuakultur Tropis, 2(1), 22–29.
Rahayu, W. P., & Andriani, Y. (2015). Peran kualitas air dalam pemeliharaan ikan nila. Jurnal Aquaculture, 10(3), 45–53.
Rosyid, A., & Maulana, D. (2021). Studi pertumbuhan ikan nila pada lingkungan air berbeda. Jurnal Akuakultur Tropis, 19(1), 65–72.
Setiawan, A., & Sari, N. P. (2018). Faktor lingkungan terhadap pertumbuhan ikan. Jurnal Perikanan dan Kelautan, 9(2), 57–65.
Shoko, A. P., et al. (2016). Effects of different water qualities on growth performance of tilapia. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 4(3), 100–106.

 ISSN ISSN 3089-8803 (E)

SNI 6989.57:2008. (2008). Air dan air limbah – Bagian 57: Cara uji pH dengan elektroda gelas. Badan Standardisasi Nasional.

Stickney, R. R. (2005). Aquaculture: An introductory text. CABI.

Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta.

Susilo, A., & Rachmawati, T. (2019). Pengaruh suhu dan pH terhadap pertumbuhan ikan nila. Jurnal Perikanan, 21(2), 95–104.

Tidwell, J. H. (2012). Aquaculture production systems. Wiley-Blackwell.

Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). Recirculating aquaculture. Ithaca Publishing Company.

Tjokroprawiro, B. A. (2000). Analisis Kualitas Air dan Limbah Cair. Airlangga University Press.

Utami, S. R., & Prasetyo, B. A. (2017). Analisis statistik pertumbuhan ikan nila terhadap pH. Jurnal Sains Akuakultur, 3(2), 88–94.

Wahyuningsih, E., & Zainuri, M. (2015). Pengaruh fluktuasi suhu terhadap pertumbuhan ikan nila. Jurnal Kelautan Tropis, 18(1), 22–28.

Wahyuningsih, S., & Priyono, B. (2020). Pengaruh pH terhadap kelangsungan hidup ikan nila (Oreochromis niloticus). Jurnal Perikanan dan Kelautan, 11(2), 95–102.

Wedemeyer, G. A. (1996). Physiology of fish in intensive culture systems. Springer.

Wibowo, S. (2009). Statistika Terapan. Gramedia.