

KARAKTERISTIK DISTRIBUSI COD TERKAIT AKTIVITAS KJA DI PERAIRAN WADUK CIRATA, JAWA BARAT**CHARACTERISTIC OF COD DISTRIBUTION RELATED TO FLOATING CAGE ACTIVITY IN CIRATA RESERVOIR, WEST JAVA**Endang Sri Utami *¹ dan Citra Puspitaningrum¹¹Prodi Pengelolaan Sumberdaya Perikanan, Universitas Nahdlatul Ulama, Lampung
Jl. Lintas Pantai Timur Purbolinggo Lampung Timur; Telepon +725-763180 Lampung 34192Email: sriutammie@gmail.com¹

(Diterima: 31 Agustus 2022; Diterima setelah perbaikan: 31 Oktober 2022; Disetujui: 31 Oktober 2022)

ABSTRAK

Upaya peningkatan ekonomi wilayah perairan Waduk Cirata haruslah dilakukan dengan perencanaan pengelolaan terutama terkait dengan pengembangan budidaya perikanan dan potensi pariwisata. Pengembangan pengelolaan wilayah waduk harus dilakukan dengan pertimbangan fungsi utama pembangunan waduk tersebut yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga air. Hal ini menjadi faktor utama dalam analisis kesesuaian lahan untuk kegiatan budidaya perikanan dengan sistem KJA. Penelitian dilakukan untuk melihat pengaruh kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung terhadap pola distribusi COD di perairan Waduk Cirata, Jawa Barat. Pengamatan dilakukan pada Bulan Juli 2022 di 4 lokasi yang berbeda. Lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan pada kepadatan KJA. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan rancangan berulang dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Secara umum nilai COD di stasiun pengamatan dengan kegiatan budidaya yang intensif lebih tinggi dari pada stasiun yang tidak terdapat kegiatan budidaya. Semakin besar nilai COD maka akan menurunkan nilai oksigen terlarut dengan persamaan $y = -0,4195x + 23,1220$ ($R^2 = 0,9809$) untuk daerah dengan budidaya intensif dan $y = -0,7711x + 36,046$ ($R^2 = 0,9577$) untuk daerah yang tidak terdapat kegiatan budidaya. Rentang konsentrasi COD di lokasi budidaya menunjukkan nilai yang melebihi baku mutu untuk kegiatan perikanan (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, 2001).

Kata kunci: COD, karamba jaring apung, Waduk Cirata

ABSTRACT

How to increasing economy in Cirata Reservoir must be related to management planning, especially aquaculture and tourism development. Reservoir management development must be carried out by considering main function of reservoir construction, hydroelectric power plant. This is the main factor in analysis of land suitability for aquaculture activities with floating cage system. This research aims to analyze floating cage activity impact to COD distribution in Cirata Reservoir. The study was conducted in July 2022, in 4 different stations based on floating cage density. Data were analyzed with repeated measurement factorial at $p < 0.05$ significance level. In general, COD in intensive aquaculture activities was higher than without aquaculture activities stations. Higher COD lead lower DO with the equation $y = -0.4195x + 23.1220$ ($R^2 = 0.9809$) for areas with intensive aquaculture and $y = -0.7711x + 36.046$ ($R^2 = 0.9577$) for other station. COD in dense activity has exceeded fishery standard quality.

Keywords: COD; floating cage; Cirata Reservoir

PENDAHULUAN

Pembangunan Waduk Cirata memiliki tujuan utama sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang merupakan pembangkit listrik terbesar se-Asia Tenggara. Pembangunan Waduk ini dilakukan melalui 2 tahap yaitu pada Tahun 1987 dan 2007. Waduk ini berada pada tiga wilayah pemerintahan daerah, yaitu Bandung Barat, Cianjur dan Purwakarta. PLTA di Waduk

Available online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/JSJ/index>

Cirata memiliki kapasitas pembangkit sebesar 1008 MW dan energi listrik yang dihasilkan pertahun mencapai 1.428 GWH (Kusumawardhani, 2017).

Waduk Cirata mendapatkan pasokan air sebagian besar dari DAS Citarum, Jawa barat. DAS Citarum juga merupakan sumber tempat pembuangan limbah dari berbagai kegiatan pertanian, industri dan perkebunan di sepanjang sungai. Posisi geografis Waduk Cirata berada pada ketinggian 221 m dpl dengan luas permukaan air 6.200 ha. Waduk Cirata memiliki kedalaman rata-rata 34,9 m dengan volume air 2,160 m³ (Insan, 2009).

Dalam upaya peningkatan ekonomi suatu wilayah diperlukan perencanaan pengelolaan perairan Waduk Cirata terutama terkait dengan pengembangan budidaya perikanan dan potensi pariwisata. Pengembangan pengelolaan wilayah waduk harus dilakukan dengan pertimbangan fungsi utama pembangunan waduk tersebut yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga air. Hal ini menjadi faktor utama dalam analisis kesesuaian lahan untuk kegiatan budidaya perikanan dengan sistem KJA. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan di perairan Waduk Cirata menunjukkan bahwa perairan tersebut kurang memiliki kesesuaian pengembangan untuk kegiatan budidaya perikanan dengan sistem KJA. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan acuan berupa parameter kualitas air yaitu kandungan BOD dan N diatas ambang batas (Kendarto & Nuryadin, 2021).

Kehidupan ikan secara total sangat bergantung pada kondisi perairan yang baik, diantaranya adalah untuk aktifitas bernafas, makan dan tumbuh, membuang sisa metabolisme, keseimbangan salinitas dan reproduksi. Hal ini menjelaskan bahwa kualitas parameter fisika dan kimiawi suatu perairan merupakan hal yang sangat penting bagi berhasilnya kegiatan budidaya ikan. Ikan tidak dapat bertahan di perairan dengan pH terlalu rendah atau tinggi. Nilai pH suatu perairan menjelaskan jumlah konsentrasi ion hydrogen (H⁺) atau ion hidroksil (OH⁻) di perairan tersebut. Artinya jika suatu perairan memiliki pH netral (pH = 7) menggambarkan nilai H⁺ dan OH⁻ yang sama besar. Jika perairan lebih banyak memiliki ion H⁺ daripada OH⁻ artinya perairan tersebut bersifat asam (pH < 7), begitu juga sebaliknya yang berarti bersifat alkalin (pH > 7) (Mustapha, 2020). Pertumbuhan ikan maksimum berada pada kisaran pH antara 6,5–9 (Note, n.d.). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kematian ikan terjadi pada pH 4,3 dan 9,2 (Ndubuisi et al., 2015). Sedangkan pH diatas 8,2 dan dibawah 5,71 menyebabkan ikan akan mengalami stress berat dan kematian hingga 50 % (Sahu & Datta, 2018).

Kematian ikan secara masal telah terjadi di beberapa tahun di Waduk Cirata (Suwedi et al., 2015). Permasalahan ini muncul bersamaan dengan persoalan lain yang kompleks dan multi aspek yaitu sedimentasi, *blooming algae*, pencemaran dan degradasi kualitas air serta interferensi kebijakan politik dari berbagai *stakeholder* (Kholil et al., 2015; Kusumawardhani, 2017). Luasan perairan Waduk Cirata dari tahun 2008 berkurang hingga 4.818 ha tergantikan dengan jumlah KJA (BPWC, 2008). Peningkatan jumlah KJA ini juga diikuti dengan sedimentasi yang berasal dari sisa pakan ikan yang terbuang sebesar 5,6 % (Hidayat et al., 2011).

Degradasi kualitas air yang terjadi di Waduk Cirata merupakan masalah besar yang harus segera diatasi agar fungsi utama pembangunan waduk dan kegiatan perikanan serta perekonomian masyarakat dapat terus berlangsung. Kualitas air waduk dapat ditentukan dengan beberapa parameter fisika dan kimia diantaranya adalah kecerahan, DO dan COD (Nisa, 2019). *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan salah satu parameter sederhana yang dapat digunakan untuk menentukan bahan pencemar yang mengandung materi organik dan anorganik (Tamyiz, 2015). Nilai COD menggambarkan banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan material organik yang terdapat di perairan menjadi karbondioksida, ammonia dan air (Boyd, 1973; Cazaudehore et al., 2019; Royani et al., 2021). Proses yang terjadi melibatkan oksidator kuat sehingga material organik yang sulit terurai akan dapat teroksidasi keseluruhannya. Hal ini menjelaskan bahwa nilai COD menggambarkan jumlah total material organik keseluruhan yang terdapat di suatu perairan.

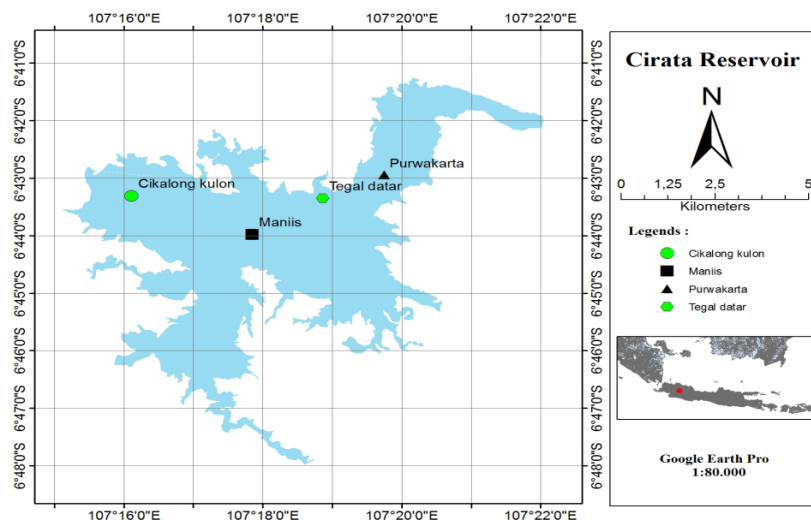
Available online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/JSJ/index>

Kegiatan penelitian ini ditujukan untuk melihat karakter distribusi nilai COD terkait dengan kegiatan budidaya ikan dengan sistem KJA. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan pengelolaan Waduk Cirata sehingga fungsi utama waduk dan kegiatan perikanan serta perekonomian masyarakat dapat terus berlangsung dan menjadi lebih baik.

BAHAN DAN METODE

Aktifitas penelitian dilakukan pada Bulan Juli 2022, di 4 lokasi berbeda perairan Waduk Cirata. Lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan pada kepadatan unit KJA, yaitu 2 lokasi dengan kegiatan padat KJA dan 2 lokasi yang tidak terdapat unit KJA (Gambar 1). Lokasi dengan aktifitas padat KJA terdapat pada daerah Cikalong dan Tegal Datar sedangkan untuk 2 lokasi yang tidak terdapat aktifitas KJA berada pada daerah Maniis dan Purwakarta. Hasil pengukuran nilai COD didapatkan dari contoh air yang berada pada kedalaman permukaan dan 20 m dengan masing-masing ulangan sebanyak 3 kali. Parameter pendukung lainnya seperti pH dan oksigen terlarut dilakukan pengamatan dengan menggunakan DO meter (Lutron DO-5510) pada kedalaman permukaan, 1, 10, 20, 30 dan 40 m. Pengambilan contoh air dilakukan menggunakan alat *Van Dorn Water Sampler* (APAL-VHA3) kemudian dimasukkan dalam botol gelas (250 ml) dan di fiksasi menggunakan senyawa H_2SO_4 (Merck, 99%) dengan metode *reflux*.

Data hasil pengamatan di analisis menggunakan rancangan berulang dengan tingkat signifikan $p < 0,05$ (Gomez & Gomez, 1983). Analisis dilakukan untuk menguji apakah ada pengaruh terhadap perbedaan daerah antara perairan dengan dan tidak adanya kegiatan karamba jaring apung, kedalaman perairan dan waktu pengamatan.

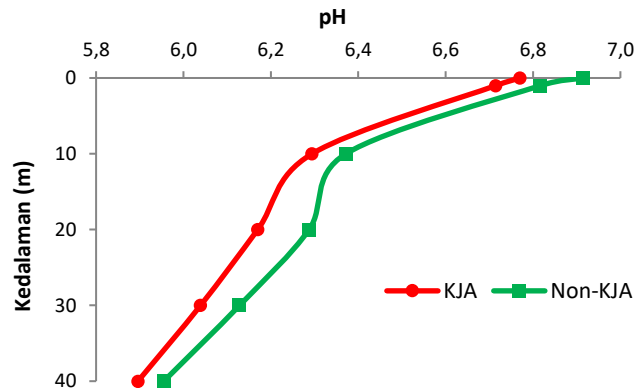


Gambar 1. Stasiun pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH sangat penting di dalam kegiatan budidaya perikanan karena dapat menggambarkan nilai keasaman suatu perairan. Beberapa ikan *sunfishes* merupakan subjek spekulasi terkait peranan pH di perairan tawar. Ikan tidak dapat mentoleransi perairan dengan pH rendah dan cenderung akan menghindarinya jika memungkinkan (Graham & Hastings, 1984). Panjang dan berat ikan serta sistem ekskresi dalam produksi urin juga akan terganggu karena pH yang rendah (Bolner & Baldisserotto, 2007; Mota *et al.*, 2018)



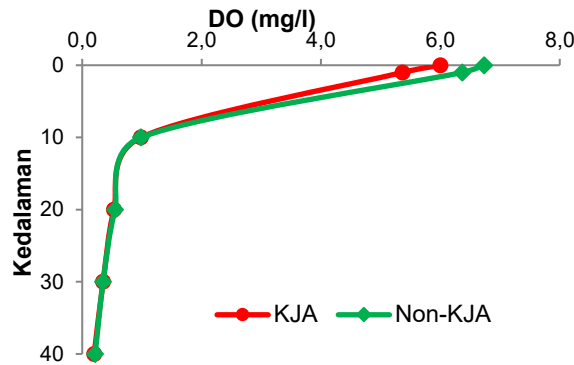
Gambar 2. Grafik pH secara vertikal pada stasiun pengamatan

Perairan Waduk Cirata memiliki nilai pH yang beragam berdasarkan daerah pengamatan serta kedalaman kolom air. Pada stasiun pengamatan dengan kegiatan KJA yang intensif tepatnya pada kedalaman 1 m perairan memiliki pH yang berada pada kisaran antara 6,7 – 6,9 dan di kedalaman 20 m berada pada kisaran antara 5,9 – 6,5 (Gambar 2). Kisaran nilai ini sedikit berbeda dengan kisaran nilai pH di stasiun pengamatan yang tidak terdapat kegiatan budidaya KJA. Nilai pH tersebut pada kedalaman 1 m berada pada kisaran antara 6,6 – 7,0 dan di kedalaman 20 m memiliki kisaran antara 6,3 – 6,5 (Gambar 2).

Pada stasiun pengamatan dengan aktivitas KJA yang intensif secara umum memiliki kisaran nilai lebih rendah dari pada di stasiun pengamatan yang tidak terdapat kegiatan budidaya. Hal ini disebabkan di daerah dengan kegiatan budidaya yang intensif telah memberikan buangan limbah sisa metabolisme dan sisa pakan ikan. Hal inilah yang menyebabkan tingginya kegiatan dekomposisi di kolom perairan yang kemudian akan tergambar oleh rendahnya nilai pH perairan. Berdasarkan kisaran pH yang didapatkan selama penelitian menunjukkan bahwa secara umum pH di wilayah perairan Waduk Cirata kurang baik bagi pertumbuhan ikan (Note, n.d.). Kisaran pH yang diperoleh menunjukkan kemungkinan terjadinya penurunan pertumbuhan ikan. Hal ini menjelaskan bahwa sebaiknya kegiatan budidaya di perairan Waduk Cirata harus dikurangi agar kualitas perairan dapat menjadi lebih optimal bagi pertumbuhan bagi ikan.

Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen / DO*)

Pertumbuhan ikan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen terlarut di kolom perairan. Ikan dan plankton membutuhkan oksigen terlarut untuk bernafas sebagai bagian terpenting bagi keberlangsungan hidupnya. Terjadinya fluktuasi dari oksigen terlarut, hipoksia dan anoksia adalah kejadian yang umum terjadi di lingkungan budidaya perikanan. DO merupakan salah satu parameter kritis karena ikan akan terganggu metabolisme hidupnya jika kandungan oksigen terlarut sangat rendah (Li & Liu, 2019). Nilai oksigen terlarut untuk dapat menunjang pertumbuhan bagi ikan di perairan budidaya tidak boleh kurang dari 5 ppm (Effendi, 2003). Kandungan oksigen terlarut pada konsentrasi dibawah 5 mg.L⁻¹ akan mengurangi nafsu makan ikan sehingga menyebabkan penurunan pertumbuhan secara signifikan (Abdel-Tawwab *et al.*, 2015). Kondisi rendahnya oksigen terlarut ini biasa dikenal dengan hipoksia, yaitu kondisi perairan dengan konsentrasi oksigen terlarut kurang dari 1-2 mg.L⁻¹. Hal ini disebabkan karena tingginya unsur hara (N dan P) yang akan menstimulasi terjadinya eutrofikasi dan *blooming alga* (Abdel-Tawwab *et al.*, 2019).

Available online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/JSJ/index>

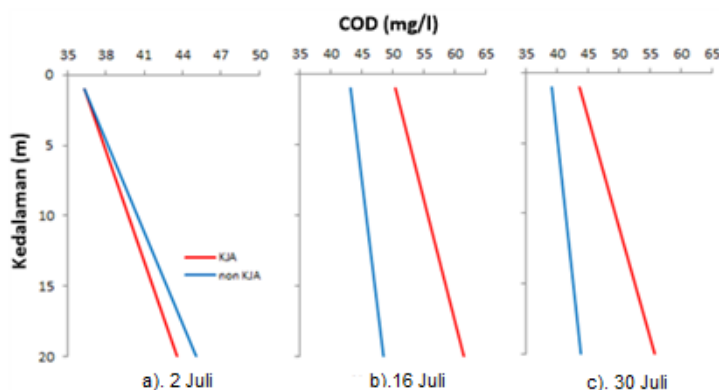
Gambar 3. Grafik oksigen terlarut secara vertikal pada stasiun pengamatan

Kisaran nilai oksigen terlarut di stasiun pengamatan dengan aktivitas budidaya ikan secara intensif tepatnya di kedalaman 1 m yaitu $5,7 - 6,3 \text{ mgL}^{-1}$ dan di kedalaman 20 m yaitu $0,2 - 0,8 \text{ mg.L}^{-1}$. Stasiun pengamatan di lokasi yang tidak terdapat kegiatan budidaya memiliki nilai oksigen terlarut yang berkisar antara $6,0 - 6,7 \text{ mgL}^{-1}$ pada kedalaman 1 m dan $0,3 - 0,8 \text{ mg.L}^{-1}$ di kedalaman 20 m. Data pengamatan yang diperoleh menjelaskan bahwa dengan bertambahnya kedalaman perairan maka nilai oksigen terlarut semakin rendah (Gambar 3). Hal ini dikarenakan tingginya bahan organik di kolom perairan yang berasal dari sisa pakan dan sisa metabolisme ikan.

Tingginya akumulasi bahan organik pada kolom perairan akan meningkatkan proses dekomposisi aerobik sehingga menyebabkan nilai DO menjadi rendah (Jana & Sengupta, 1989). Selain itu tidak adanya suplai oksigen terlarut yang berasal dari aktivitas fotosintesis fitoplankton di kolom perairan menjadikan nilai DO semakin rendah (Young *et al.*, 2011).

COD (Chemical Oxygen Demand)

Secara umum nilai COD di stasiun pengamatan dengan kegiatan budidaya intensif lebih tinggi dari pada stasiun yang tidak terdapat kegiatan budidaya. Masing-masing nilai COD di lokasi tersebut berkisar antara $40 - 53,6 \text{ mg.L}^{-1}$ dan $37,3 - 45,8 \text{ mg.L}^{-1}$ (Gambar 4). Kisaran nilai COD yang secara umum lebih besar di stasiun pengamatan dengan kegiatan budidaya intensif dikarenakan tingginya bahan organik yang berasal dari sisa pakan dan hasil metabolisme ikan budidaya. Kisaran nilai ini juga memiliki kemiripan dengan perairan Danau Hanjalutung yang merupakan danau *oxbow* dengan tingkat produktifitas ikan yang tinggi (Elvince & Kembarawati, 2021). Rentang konsentrasi COD di lokasi pengamatan padat budidaya memiliki nilai yang melebihi ambang batas baku mutu yang diperuntukkan bagi kegiatan perikanan yaitu sebesar 50 mg.L^{-1} (Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, 2001).



Gambar 4. Grafik COD secara vertikal pada stasiun pengamatan

Profil nilai COD ini juga terjadi di perairan Waduk Kota Panjang, Riau yang menjelaskan bahwa kandungan bahan organik di daerah perairan budidaya lebih tinggi (Sitohang *et al.*, 2021). Secara vertikal di semua stasiun pengamatan dengan semakin bertambah kedalaman maka nilai COD semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena akumulasi bahan organik dan rendahnya suplai oksigen terlarut di kolom perairan (Gao *et al.*, 2020).

Perairan Waduk Cirata memiliki tingkat kesuburan yang hipereutrofik berdasarkan nilai TLI, TSI dan metode Delphi (TM Pratiwi *et al.*, 2020). Tingginya tingkat kesuburan suatu perairan akan diikuti aktivitas dekomposisi bahan organik di kolom perairan secara aerobik dengan mengkonsumsi sejumlah oksigen terlarut yang tersedia. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara oksigen terlarut dengan nilai COD. Hasil regresi dari pengamatan yang dilakukan terhadap oksigen terlarut dan nilai COD menjelaskan bahwa adanya korelasi negatif antar keduanya. Semakin besar nilai COD maka akan menurunkan nilai oksigen terlarut dengan persamaan $y = -0,4195x + 23,1220$ ($R^2 = 0,9809$) untuk daerah dengan budidaya intensif dan $y = -0,7711x + 36,046$ ($R^2 = 0,9577$) untuk daerah yang tidak terdapat kegiatan budidaya. Koefisien determinasi (R^2) pada stasiun dengan budidaya intensif lebih besar 2 % dimana nilai COD mempengaruhi penurunan oksigen terlarut sebesar 98 % di daerah budidaya dan 96 % di stasiun yang tidak terdapat kegiatan budidaya ikan. Hal ini dapat dijelaskan karena pada perairan tergenang nilai COD akan sangat terkait dengan konsentrasi oksigen terlarut (Boyd, 1973).

Tingginya nilai COD di kolom perairan menjelaskan akan rendahnya kandungan DO yang akan menyebabkan proses dekomposisi dilanjutkan secara an-aerobik. Dekomposisi bahan organik secara an-aerobik akan menghasilkan senyawa toksik seperti H_2S dan NH_3 (Purnamawati *et al.*, 2011). Kondisi ini akan berbahaya jika terjadi peristiwa umbalan (*upwelling*) yang merupakan peristiwa naiknya massa air yang berada di kolom perairan menuju ke permukaan (Fischer & Green, 2013). Pada peristiwa *upwelling* akan terbentuk kondisi yang memicu pertumbuhan fitoplankton secara *massive* karena adanya akumulasi nutrisi ($N-NO_3$) di kolom perairan terangkat ke permukaan (Pauly *et al.*, 1989). Bersamaan dengan tingginya pertumbuhan fitoplankton, umbalan akan membawa massa air yang rendah oksigen (hipoksia) sehingga kebutuhan bernafas bagi populasi ikan budidaya terganggu. Hal inilah yang menyebabkan kematian ikan secara besar-besaran di Waduk Cirata pada tahun 2004, 2005 dan 2013 (Suwedi *et al.*, 2015)

KESIMPULAN

Kegiatan budidaya ikan dengan sistem KJA di perairan Waduk Cirata telah memberikan dampak peningkatan pencemaran bahan organik yang terindikasi dari besarnya nilai COD. Perairan Waduk Cirata memiliki masukan bahan organik yang cukup tinggi dari kegiatan budidaya ikan dan tersebar hampir diseluruh wilayah perairan. Besarnya nilai COD mempengaruhi penurunan oksigen terlarut dengan nilai koefisien determinasi mendekati 1.

SARAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tambahan bagi pengelolaan perikanan budidaya Waduk Cirata diantaranya pengurangan unit KJA dan penggunaan pakan terapung. Penelitian akan profil distribusi COD sangat penting dilakukan untuk melihat pencemaran dan dampaknya bagi profil DO yang akan terbentuk. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan titik pengamatan lebih banyak baik secara spasial (vertikal dan horizontal) ataupun temporal. Hal ini agar dapat menjadi dasar pertimbangan pengelolaan perikanan KJA di Waduk Cirata terkait dengan keberadaan oksigen terlarut yang menunjang bagi keberlangsungan pertumbuhan dan produksi ikan budidaya. Kebijakan pengelolaan Waduk Cirata secara komprehensif diharapkan dapat memperbaiki kualitas perairan dan menjaga

agar kegiatan budidaya dapat terus berlangsung serta perekonomian masyarakat dapat meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., Hagra, A. E., Elbaghdady, H. A. M., & Monier, M. N. (2015). Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, whole-body composition, and innate immunity. *Aquaculture International*, 23(5). <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9882-y>
- Abdel-Tawwab, M., Monier, M. N., Hoseinifar, S. H., & Faggio, C. (2019). Fish response to hypoxia stress: growth, physiological, and immunological biomarkers. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(3). <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00614-9>
- Bolner, K. C. S., & Baldisserotto, B. (2007). Water pH and urinary excretion in silver catfish *Rhamdia quelen*. *Journal of Fish Biology*, 70(1). <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01253.x>
- Boyd, C. E. (1973). The Chemical Oxygen Demand of Waters and Biological Materials from Ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*, 102(3). [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1973\)102<606:tcodow>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1973)102<606:tcodow>2.0.co;2)
- BPWC. (2008). *Laporan Kegiatan Inventarisasi Sensus Kolam Jaring Apung*.
- Cazaudehore, G., Schraauwers, B., Peyrelasse, C., Lagnet, C., & Monlau, F. (2019). Determination of chemical oxygen demand of agricultural wastes by combining acid hydrolysis and commercial COD kit analysis. *Journal of Environmental Management*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109464>
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air. In *Kanisius*.
- Elvince, R., & Kembangawati. (2021). Kajian Kualitas Air Danau Hanjalutung untuk Kegiatan Perikanan di Kelurahan Petuk Katimpun, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan Basah*, 9(1), 29–41.
- Fischer, W. E., & Green, A. B. (2013). *Upwelling: Mechanisms, Ecological Effects & Threats to Biodiversity*. Nova Science Publishers Inc.
- Gao, Y., Guo, L., Shao, M., Hu, F., Wang, G., Zhao, Y., Gao, M., Jin, C., & She, Z. (2020). Bioresource Technology Heterotrophic denitrification strategy for marine recirculating aquaculture wastewater treatment using mariculture solid wastes fermentation liquid as carbon source: Optimization of COD / NO₃ - -N ratio and hydraulic retention time. *Bioresource Technology*, 304, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122982>
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1983). *Statistical Procedures For Agricultural Research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Graham, J. H., & Hastings, R. W. (1984). Distributional patterns of sunfishes on the New Jersey coastal plain. *Environmental Biology of Fishes*, 10(3). <https://doi.org/10.1007/BF00001121>
- Hidayat, A., Fauzi, A., Syaikat, Y., & Rahmani, U. (2011). Internalisasi Biaya Lingkungan pada Budidaya Ikan Karamba Jaring Apung di Waduk Cirata. *Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE)*, 2(2), 157–168.
- Insan, I. (2009). *Status Trofiik Dan Daya Dukung Keramba Jaring Apung Di Waduk Cirata*. 88.
- Jana, B. B., & Sengupta, S. (1989). Responses of dissolved oxygen, biochemical and chemical oxygen demands of water to artificial aeration. *International Journal of Environmental Studies*, 33(4), 307–315. <https://doi.org/10.1080/00207238908710507>
- Kendarto, D. R., & Nuryadin, R. (2021). Analisis Kesesuaian Peruntukan Budidaya Perikanan dan Wisata Bahari Waduk Cirata Berdasarkan Kualitas Air Waduk. *Jurnal Teknotan*, 15(1). <https://doi.org/10.24198/jt.vol15n1.1>
- Kholil, K., Dharoko, T. A., & Widayati, A. (2015). Pendekatan multi dimensional scaling untuk evaluasi keberlanjutan waduk Cirata - Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(1).
- Kusumawardhani, A. (2017). *Analisis Biaya Dan Manfaat Kelembagaan Pengelolaan Waduk Cirata Provinsi Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Li, D., & Liu, S. (2019). Water Quality Monitoring in Aquaculture. In *Water Quality Monitoring and Management*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811330-1.00012-0>
- Mota, V. C., Hop, J., Sampaio, L. A., Heinsbroek, L. T. N., Verdegem, M. C. J., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2018). The effect of low pH on physiology, stress status and growth performance of turbot (*Psetta maxima* L.) cultured in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Research*, 49(10). <https://doi.org/10.1111/are.13812>
- Mustapha, A. (2020). *Importance of pH Control in Aquaculture*.

Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam, 4 (2), 2022, 121-128Available online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/JSJ/index>

- Ndubuisi, U. C., Chimezie, A. J., Chinedu, U. C., Chikwem, I. C., & Alexander, U. (2015). Effect of pH on the growth performance and survival rate of *Clarias gariepinus* fry. *International Journal of Research in Biosciences*, 4(3), 14–20.
- Nisa, S. Q. Z. (2019). Penyusunan Strategi Pengendalian Kualitas Air Waduk dengan Pendekatan Sistem Dinamis (Studi Kasus: Waduk Sutami). *Tesis*, 1–135.
- Note, A. (n.d.). *--pH in Fish Farming Introduction Importance of Water Quality in Aquaculture High pH Levels Effect pH in Fish Farming*. 1–4.
- Pauly, D., Muck, P., Mendo, J., & Tsukayama, I. (1989). The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions. *ICLARM*, 450.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, Pub. L. No. 153, 19 (2001).
- Purnamawati, Nirmala, K., & Prihadi, T. H. (2011). Tingkat Perombakan Bahan Organik Sedimen Waduk Cirata Pada Kondisi Anaerobik Skala Laboratorium. *Agripura*, 7(2), 1002–1010.
- Royani, S., Fitriana, A. S., Enarga, A. B. P., & Bagaskara, H. Z. (2021). Kajian COD Dan BOD Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 40–49. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art4>
- Sahu, S., & Datta, S. (2018). Effect of Water pH on Growth and Survival of *Trichogaster lalius* (Hamilton, 1822) Under Captivity. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7, 3655–3666. <http://www.ijcmas.com>
- Sitohang, D., Dahril, T., & Simarmata, A. H. (2021). Pengaruh Keramba Jaring Apung (KJA) Terhadap Tingkat Kesuburan Perairan di Sekitar Dam Site Waduk PLTA Koto Panjang Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. *Fakultas Perikanan Dan Kelautan, UNRI*, 1–14.
- Suwedi, N., Alamsyah, A. T., Sutjiningsih, D., & Garno, Y. S. (2015). Kematian massal ikan di Waduk Cirata pada Januari 2013. *Limnotek*, 22(1).
- Tamyiz, M. (2015). Perbandingan Rasio Bod / Cod Pada Area Tambak Di Hulu Dan Hilir Terhadap Biodegradabilitas Bahan Organik. *Journal of Research and Technology*, 1(1), 9–15. <http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/view/5>
- TM Pratiwi, N., Hariyadi, S., Bagoes Soegesty, N., & Yuni Wulandari, D. (2020). Penentuan Status Trofik Melalui Beberapa Pendekatan (Studi Kasus: Waduk Cirata). *Jurnal Biologi Indonesia*, 16(1), 89–98. <https://doi.org/10.47349/jbi/16012020/89>
- Young, J. D., Winter, J. G., & Molot, L. (2011). A re-evaluation of the empirical relationships connecting dissolved oxygen and phosphorus loading after dreissenid mussel invasion in Lake Simcoe. *Journal of Great Lakes Research*, 37(SUPPL. 3), 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2010.12.008>