

KUALITAS AIR BENDUNGAN SUNGAI BADUNG DAN KOLAM PANCING “X”

WATER QUALITY OF BADUNG RIVER DAM AND “X” FISHING POND

Dewa Ayu Wahyunia Ratna Dewi¹, Deny Suhernawan Yusup¹, Ngurah Intan Wiratmini¹

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Email korespondensi: dsyusup@unud.ac.id

INTISARI

Kualitas air di kawasan pesisir utara Pulau Serangan Denpasar yang menerima aliran dari banyak sungai besar (*Tukad*) dan kecil (*Loloan*) terindikasi telah mengalami pencemaran bahan organik dan anorganik termasuk logam berat. Bendungan Sungai Badung dan kolam pancing “X” yang terletak Sekitar kawasan pesisir utara P. Serangan banyak dimanfaatkan masyarakat untuk aktifitas pemancingan sehingga perlu diketahui kualitas perairan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas air bendungan Sungai Badung dan kolam pancing “X”. Kualitas air bendungan Sungai Badung telah melebihi ambang batas standar baku mutu air Nasional kelas II, DO (1,51 mg/L), pH (5,79), BOD (110,88 mg/L), timbal (Pb: 0,24 mg/L) dan tembaga (Cu: 0,29 mg/L) dan kadmium (Cd: 0,05 mg/L) kecuali Suhu air (28°C). Beberapa parameter kualitas air kolam pancing “X” juga telah melebihi ambang batas yaitu BOD (25, 20 mg/L), timbal (Pb: 0,05 mg/L), tembaga (Cu: 0,07 mg/L) dan kadmium (Cd: 0,20 mg/L), sedangkan parameter DO (4,33 mg/L), pH (6,26) dan suhu air (28,1°C) masih dalam kisaran ambang batas baku mutu air. Secara umum kualitas air kolam pancing “X” lebih baik dari pada bendungan Sungai Badung, namun perlu adanya monitoring terhadap kandungan logam berat (Cd, Pb dan Cu) di kedua perairan tersebut yang telah melebihi standar baku mutu air kelas II.

Kata Kunci: Kolam, Kualitas air, Bendungan, Logam berat, Pencemaran

ABSTRACT

The water quality in the northern coastal area of Serangan Island, Denpasar, which receives flow from many large (*Tukad*) and small (*Loloan*) rivers is indicated to have experienced organic and inorganic pollution including heavy metals. The Badung River Dam and fishing pond "X" located around the northern coastal area of Serangan Island are widely used by the community for fishing activities, so it is necessary to know the quality of the water. The purpose of this study was to determine the water quality of the Badung River dam and the fishing pond "X". The water quality of the Badung River dam has exceeded the threshold of the National Class II water quality standard, DO (1.51 mg/L), pH (5.79), BOD (110.88 mg/L), lead (Pb: 0.24 mg/L) and copper (Cu: 0.29 mg/L) and cadmium (Cd: 0.05 mg/L) except for water temperature (28°C). Several water quality parameters of the fishing pond “X” have also exceeded the threshold, namely BOD (25.20 mg/L), lead (Pb: 0.05 mg/L), copper (Cu: 0.07 mg/L) and cadmium (Cd: 0.20 mg/L), while the DO parameters (4.33 mg/L), pH (6.26) and water temperature (28.1°C) are still within the threshold range of water quality standards. In general, the water quality of the fishing pond “X” is better than that of the Badung River dam, but monitoring of the heavy metal content (Cd, Pb and Cu) in both waters is needed, which has exceeded the water quality standard class II.

Keywords: Ponds, Water quality, Dam Reservoir, Heavy metals, Pollution

PENDAHULUAN

Provinsi Bali merupakan salah satu wilayah perairan di Indonesia yang potensial yaitu dengan luas wilayah 900 mil persegi (Huda dkk, 2021). Besarnya potensi perairan tersebut menjadikan wilayah perairan di Bali banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kegiatan baik perikanan tangkap (sungai, danau dan laut) maupun budidaya (air tawar dan laut).

Salah satu kawasan yang banyak digunakan oleh masyarakat sekitar sebagai lokasi kegiatan perikanan tangkap dan rekreasi memancing adalah kawasan sekitar pesisir utara Pulau Serangan, Denpasar. Kawasan ini menerima aliran dari sungai besar (*Tukad*) yaitu Tukad Badung dan Tukad Mati) dan sungai-sungai kecil (*loloan*) tanpa nama di Kota Denpasar. Aliran tersebut membawa air permukaan yang mengandung partikel sedimen, zat hara, dan kemungkinan unsur pencemar dari daerah hulu seperti logam berat seperti As (Sari dan Kartika, 2022), Fe, Pb, Cu, and Cr (Mogi dkk, 2022). Hal ini menyebabkan wilayah pesisir mengalami kondisi lingkungan yang berubah-ubah, seperti variasi kadar garam, peningkatan akumulasi bahan pencemar, serta modifikasi pada komposisi organisme perairan.

Salah wilayah sekitar pesisir utara P. Serangan adalah yang umum digunakan untuk aktifitas mancing oleh masyarakat adalah bendungan muara Tukad Badung. Menurut Dirjen Sumberdaya Air Kementerian Pekerjaan Umum bahwa tujuan dibangunnya Bendungan muara Tukad Badung dibangun sebagai penampung air tawar Tukad Badung (luas $\pm$ 35 Ha) adalah untuk memanfaatkan sumber daya air dalam pemenuhan air baku, dan menampung limpasan air hujan. Tukad Badung yang hulunya terletak di bagian utara Kabupaten Badung membentang melewati wilayah Kabupaten Badung, Kota Denpasar sepanjang kurang lebih 35 Km dan bermuara di wilayah Teluk Benoa (JICA, 2006). Tukad Badung dalam perkembangannya Waduk Tukad Badung juga berkembang menjadi habitat ikan air tawar, melalui kegiatan bakti sosial dari instansi pemerintah maupun masyarakat melakukan penebaran benih ikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa muara Badung telah mengalami tekanan lingkungan akibat masuknya limbah yang terbawa aliran air sungai, termasuk limbah logam berat maupun limbah organik (Sumekar dkk, 2015; Mendes dkk., 2024). Bahan pencemar tersebut merupakan akumulasi dari berbagai aktivitas di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) yang meliputi pembuangan limbah domestik dari kawasan permukiman, limbah cair dari industri kecil (Vichotama dkk., 2021). Sebagian besar aktivitas tersebut tidak didukung oleh sistem pengelolaan limbah yang efektif, sehingga berdampak pada peningkatan pencemaran air.

Aktifitas perikanan tangkap lainnya di kawasan sekitar pesisir utara P. Serangan adalah perikanan pancing di kolam buatan dengan orientasi lebih kearah kegiatan pariwisata. Lokasi kolam pancing terletak disebelah selatan by pass Ngura Rai Denpasar tetapi tidak berada di wilayah hutan mangrove. Tidak diketahui secara pasti asal air yang digunakan untuk mengisi air kolam pancing, apakah berasal dari intrusi air laut dari pesisir; serta pasokan dari air tanah lokal melalui infiltrasi hujan dan sumur dangkal. Hasil penelitian Indrawan dan Putra (2021) menemukan kandungan logam berat pada air dari wilayah pesisir

utara P. Serangan. Sehingga ada kemungkinan air kolam pancing disekitarnya mengandung logam berat, Suryono dan Rochaddi (2013) kontaminasi silang di kolam-kolam dekat muara dan pesisir dapat terjadi akibat konektivitas kandungan logam berat antara sedimen laut, air laut, dan air tanah dangkal di wilayah pesisir.

Berdasarkan uraian di atas maka sangat penting dilakukan evaluasi terhadap kualitas air di kawasan Bendungan Tukad Badung dan kolam pancing ikan disekitar pesisir utara P. Serangan guna menjaga keberlanjutan ekosistem serta melindungi kesehatan masyarakat. Selain itu juga air di bendungan Tukad Badung merupakan sumber bahan baku air untuk penyediaan air bersih oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Pencemaran logam berat di lingkungan akuatik tidak hanya berdampak langsung terhadap organisme air dan tetapi juga dapat tidak langsung terhadap manusia melalui rantai makanan. Sehingga tubuh manusia yang mengonsumsi ikan dari perairan tercemar akan menjadi "akumulator akhir" dari zat toksik tersebut. Menurut Azis dkk. (2018) Otot ikan (daging) manusia merupakan salah satu bagian tubuh ikan (selain insang dan hati) tempat deposit logam berat

METODE PENELITIAN

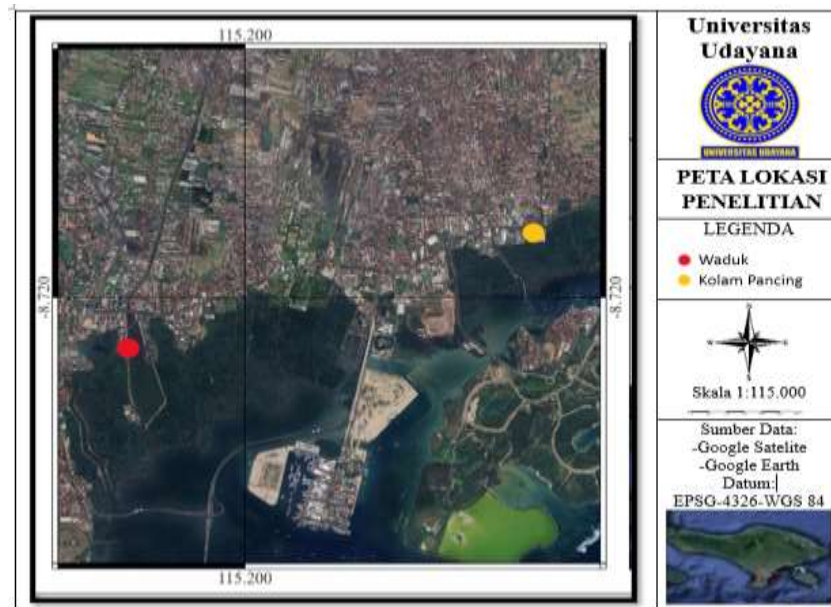
Tempat dan Waktu Penelitian

Sampel air diambil dari dua lokasi yang biasa digunakan sebagai tempat aktifitas pemancingan ikan oleh masyarakat. Lokasi pertama adalah waduk bendungan muara Tukad Badung yang terletak di Jalan Tanah Kilap, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung, Bali. Lokasi kedua adalah kolam pancing "X" yang terletak di Jalan By Pass Ngurah Rai, Pesanggaran, Denpasar Selatan. Peta lokasi dari kedua tempat penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Desember 2023 hingga Januari 2024.

Pengukuran Kualitas Air

Sampel air dari tiap lokasi penelitian diambil dengan menggunakan botol sampling air yang telah dibilas terlebih dahulu dengan air dari tiap titik sampling untuk menghindari kontaminan bawaan alat sampel. Sampel air dari masing-masing lokasi penelitian diambil dari tiga titik sub-sampling. (tepi kiri, tengah, dan tepi kanan). Pengambilan sampel air di setiap titik sub-sampling dilakukan dengan metode *composite*, sampel air diambil dari beberapa titik dalam sub sampling secara horizontal kemudian digabungkan dalam botol sampel air (sebanyak 1,5 liter) sebagai sampel air titik sampling. Botol sampel dibungkus menggunakan kantong plastik hitam untuk menghindari paparan sinar dan dibawa dalam *cool box* ke Laboratorium Analitik Universitas Udayana untuk dianalisis. Parameter yang dianalisis di laboratorium adalah Oksigen terlarut (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan logam berat (Pb, Cu, Cd) (Ahdiaty dan Fitriana 2020). Sedangkan parameter suhu air dan pH air diukur di lokasi sampling (*insitu*).

Standar baku mutu air yang digunakan adalah Peraturan Baku Mutu Air Nasional (2021) yaitu standar baku mutu air kelas II merupakan acuan yang dipergunakan untuk mengetahui kualitas air dengan peruntukan budidaya ikan air tawar, peternakan, prasarana/sarana rekreasi air, air untuk mengairi pertanian, atau keperluan lain yang membutuhkan syarat mutu air serupa dengan peruntukan tersebut.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kualitas air sampel dari waduk bendungan Sungai Badung dan kolam pancing “X” dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis terkait ketersediaan oksigen (DO) dan konsumsi Biologi Oksigen (BOD) dan konsumsi kimiawi oksigen (COD) menunjukkan tidak memenuhi yang ditetapkan standar baku mutu air kelas II. Rendahnya nilai Oksigen terlarut (DO: 1,51 mg/L) ini dapat dikaitkan dengan tingginya konsumsi oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik terlarut di perairan tersebut (BOD: 110, 88 mg/L) (Wahyuni dkk., 2021, Sawyer *et al.*, 2003). Hasil korelasi negative DO dengan BOD (Fadzry dkk. (2020), ini memberikan gambaran komprehensif terhadap kondisi kualitas perairan bendungan tukad Badung, di mana penurunan nilai DO yang signifikan umumnya berkorelasi dengan peningkatan nilai BOD. akibat tingginya beban pencemar limbah domestik organik dan anorganik (Nasir dkk., 2023). Tingginya loading bahan organik di Sungai Badung tersebut dapat berasal dari limbah pasar (Jana dkk., 2012), limbah kegiatan anthropogenic (Perwira dkk., 2019), dan usaha rumah tangga (Ciawi *et al.*, 2022).

Rendahnya Oksigen terlarut (DO) di bendungan sungai Badung di bawah standar baku mutu nasional, sangat kecil terkait dengan rendahnya proses difusi oksigen ke dalam air, atau laju fotosintesis produser primer air. Namun, Nampak lebih terkait dengan tingginya laju konsumsi oksigen untuk proses dekomposisi atau proses kimiawi limbah domestik. Meskipun Oksigen terlarut dan BOD memiliki kaitan dengan parameter suhu dan pH (Arifin, 2016), meningkatnya suhu akan meningkatkan aktifitas reapiirasi mikroba air dan menurunkan tingkat keterlarutan O₂. Rendahnya oksigen terlarut (DO) sangat rendah kecil kemungkinan terkait dengan pengaruh suhu karena hasil pengukuran suhu air Sungai Badung (28°C) berada pada kisaran standar baku mutu air. Sehingga rendahnya nilai oksigen terlarut di sungai Badung lebih dipengaruhi oleh kemungkinan tingginya material organik dari limbah

domestik. Hasil pengukuran pH air sungai Badung (5,79) masih lebih rendah dari standar baku mutu air kelas II (6 – 9). Hasil ini sangat relevan dengan hasil pengukuran BOD (yang tergolong tinggi) karena intensifnya proses respirasi mikroba dalam sistem perairan, yang akan menghasilkan akumulasi CO₂, yang membentuk asam karbonat dan menyebabkan penurunan pH air (Brown *et al.*, 2020)

Tabel 2. Hasil analisis kualitas air bendungan Sungai Badung dan Kolam pancing “X”

No.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu ⁺	Bendungan Tukad Badung	Kolam Pancing “X”
1.	DO	mg/L	4 – 5	1,51*	4,33
2.	BOD	mg/L	3 – 5	110,88*	25,20*
3.	pH	pH unit	6 – 9	5,79*	6,26
4.	Suhu air	°C	28 - 32°C	28,0	28,1
5.	Timbal (Pb)	mg/L	0,03 - 0,04	0,24*	0,05*
6.	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02 – 0,03	0,29*	0,07*
7.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01 - 0,02	0,05*	0,20*

Keterangan: +: Peraturan Baku Mutu Air Nasional kelas II (2021)

* : tidak memenuhi standar baku mutu air

Hasil pengukuran kandungan tiga logam berat, timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd), dalam air bendungan Sungai Badung menunjukkan nilai di atas nilai standar baku mutu air kelas II yaitu secara berurutan 0,24 mg/L, 0,29 mg/L dan 0,05 mg/L. Hasil menunjukkan bahwa perairan bendungan Sungai Badung tergolong telah tercemar oleh logam berat Pb, Cu dan Cd. Mekanisme masuknya logam berat ke perairan dapat melalui berbagai macam cara, seperti dispersi, mengendap hingga pengenceran yang mana hal tersebut sangat rawan terserap oleh organisme air (Rustiah dkk., 2019). Keberadaan kandungan logam berat Pb dan Cu dapat berasal dari industri garmen (pencelupan dan sablon tekstil (Siswoyo dan Habibi, 2018; Widyasari dkk., 2023).

Hasil pengukuran kualitas air kolam pancing “X” yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa beberapa parameter memenuhi standar baku mutu air kelas II yaitu pH air, DO dan suhu air. Sedangkan BOD dan kandungan logam berat melebihi standar baku mutu Air Nasional.

Hasil pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO: 4,33 mg/L) menunjukkan bahwa di kolam pancing X memenuhi standar baku mutu air kelas II. Tingginya kandungan Oksigen terlarut ini (DO) ada kemungkinan besar dipengaruhi oleh kelimpahan fitoplankton. Hal ini diindikasikan oleh warna air yang kehijauan. Hubungan positif antara kelimpahan fitoplankton dan kandungan DO telah dilaporkan dalam berbagai studi sebelumnya (Wetzel, 2001; Effendi, 2003). Meskipun memenuhi standar baku mutu kelas II, kandungan DO masih mendekati batas ambang minimum, hal ini ada kemungkinan tingginya proses dekomposisi atau aktifitas respirasi mikroorganisme sehingga konsumsi O₂ yang cukup tinggi khususnya pada malam hari sehingga. Hal ini diindikasikan oleh masih tingginya BOD (25,20 mg/L).

Tingginya kebutuhan biologi oksigen (BOD) di kolam pancing “X” dapat berasal dari proses dekomposisi pakan buatan ikan yang diberikan juga dapat berasal dari dekomposisi

phytoplankton yang mati – khususnya pada malam hari. Jumlah ikan yang ditebar Ikan kemungkinan melebihi daya dukung ketersediaan pakan alami (plankton) di air guna memenuhi kebutuhan rekreasi pemancingan. Sehingga diperlukan pemberian pakan tambahan, seperti pelet, guna memastikan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan tetap optimal. Pakan tambahan yang tidak termakan oleh ikan akan mengendap di dasar kolam dan akan selanjutnya akan didekomposisi oleh mikroba air secara aerobik sehingga meningkatkan BOD air (Boyd dan Tucker, 2017). Selain itu juga tingginya BOD dapat disebabkan oleh proses dekomposisi bahan sisa proses pencernaan ikan yang diekskresikan ke kolam. Ikan hanya mampu menyerap 25% unsur hara yang diperoleh dari pakan tersebut, sedangkan sisanya dikeluarkan ke lingkungan dalam bentuk bahan organik (Effendi *et al.*, 2020).

Hasil pengukuran pH air tergolong netral (pH: 6,26) sehingga memenuhi kebutuhan pH air untuk ikan mujair yaitu antara 6,5 – 9 (Tumwesigye *et al.*, 2022). Gas karbon dioksida (CO₂) yang terbentuk akibat aktivitas respirasi organisme di air dan penguraian bahan organik oleh mikroba di perairan akan digunakan oleh fitoplankton dalam proses fotosintesis (Raven *et al.*, 2020). Penyerapan ini berkontribusi dalam mengurangi potensi peningkatan keasaman air, sehingga keseimbangan pH tetap terjaga pada kisaran mendekati netral. Suhu air di kolam pancing “X” (28,1°C) juga masih memenuhi standar baku mutu air kelas II hal ini dapat dikaitkan dengan terindikasinya keberadaan phytoplankton di air kolam yang berwarna kehijauan, keberadaan phytoplankton yang tinggi dapat menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam badan perairan (Zhai *et al.*, 2011).

Hasil pengukuran logam berat (Pb, Cu, Cd) di air kolam pancing “X” melebihi ambang batas baku mutu air kelas II (Tabel 2). Meskipun air yang digunakan untuk mengisi kolam tidak diambil secara langsung dari air yang terkoneksi dengan pesisir utara P. serangan atau langsung dari muara loloan disekitar kolam, kandungan logam berat tersebut dapat berasal atau terbawa dalam intrusi air laut dari kawasan pesisir utara P. serangan. Hasil relevan dengan penelitian dari Alshehri *et al.* (2021) tentang pengaruh intrusi air laut terhadap kualitas air tanah di Laut Merah Saudi Arabia. Meskipun ikan di kolam pancing “X” hidup dalam air yang kandungan logam beratnya melebihi ambang batas, kecil kemungkinan akan mengakumulasi logam berat karena ikan terus tertangkap dan akan diganti dengan yang baru, kecuali ikan pengganti yang ditebar merupakan hasil pembesaran di kolam lain disekitar kolam pancing “X” yang utama. Namun meski demikian perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang kandungan logam berat pada ikan di kolam pancing “X” karena besar kemungkinan ikan tersebut akan dikonsumsi.

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air (termasuk logam berat) bendungan Sungai Badung dan kolam pancing “X”, secara keseluruhan kualitas air di kolam pancing “X” lebih baik dibandingkan kualitas air bendungan Sungai Badung. Namun yang menjadi catatan dari hasil penelitian ini adalah keberadaan logam berat di air kedua lokasi penelitian ini, perlu adanya penelitian dan monitoring yang berkala. Hal ini dikarenakan selain untuk memonitoring kondisi lingkungan kedua lokasi tersebut juga karena lokasi tersebut merupakan tempat pemancingan ikan yang kemungkinan akan dikonsumsi, sehingga dapat membahayakan kesehatan yang mengonsumsi ikan hasil tangkapan tersebut. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui dua mekanisme utama, yaitu melalui makanan yang telah

tercemar atau melalui kontak langsung dengan lingkungan perairan (Annabi *et al.*, 2013; Neeratanphan *et al.* 2020). Penyerapan dari air terutama terjadi lewat insang, kulit, dan juga saluran pencernaan. Insang, yang berfungsi dalam pertukaran gas dan zat terlarut, menjadi salah satu jalur utama bagi logam berat untuk masuk ke sistem internal ikan. Logam berat yang masuk bersama pakan yang telah mengandung logam berat, khususnya pada ikan bersifat omnivora dan karnivora, logam berat dapat diserap melalui sistem pencernaan. Setelah masuk ke dalam tubuh, logam berat tersebar melalui sistem sirkulasi dan berpotensi menumpuk di berbagai jaringan tubuh. Meskipun otot bukan tempat utama akumulasi, beberapa penelitian mencatat keberadaan merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dalam jaringan otot ikan, walaupun dalam konsentrasi lebih rendah dibandingkan hati dan insang (Sudrajat, 2018). Oleh karena itu, pemantauan terhadap kualitas lingkungan perairan dan keamanan pakan ikan sangat penting guna mencegah akumulasi logam berat dalam bagian ikan yang biasa dikonsumsi manusia.

SIMPULAN

Kualitas air bendungan Sungai Badung dan kolam pancing "X" termasuk didalamnya kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd) telah melebihi ambang batas baku mutu air kelas II, namun secara umum kualitas air di kolam pancing "X" lebih baik dari air bendungan Sungai Badung karena beberapa parameter (pH, suhu air dan DO) di kolam pancing "X" masih dalam kisaran ambang batas yang ditetapkan.

SARAN

Perlu dilakukan monitoring kualitas air di sekitar kawasan pesisir utara P. Serangan karena banyak dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan tangkap oleh masyarakat serta perlu adanya sosialisasi tentang kesehatan lingkungan untuk mitigasi bahaya pencemar logam berat serta untuk meningkatkan kepedulian masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiaty, R. dan Fitriana, D. 2020. Pengambilan Sampel Air Sungai Gajah Wong di Wilayah Kota Yogyakarta. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*. 3(2): 65-73.
- Alshehri, Fahad; Sattam Almadani; Abdelbaset S El-Sorogy; Essam Alwaqdan; Hussain J Alfaifi; Talal Alharbi. 2021. Influence of seawater intrusion and heavy metals contamination on groundwater quality, Red Sea coast, Saudi Arabia. *Mar Pollut Bull.* 2021 Apr;165:112094. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112094.
- Annabi, A., Houas, Z., Messaoudi, I., Rouabhia, M., and El Feki, A.. 2013. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues from the Mediterranean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(4), 3237–3249. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2766-4>
- Arifin, M. Y. 2016. Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Nila (*Oreochromis* sp) Strain Merah dan Strain Hitam yang Dipelihara pada Media Bersalinitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*.16(1): 159-166.
- Azis, M. N, Titin Herawati; Zuzy Anna dan Isni Nurruhwati. 2018. Pengaruh Logam Kromium (Cr) Terhadap Histopatologi Organ Insang, Hati Dan Daging Ikan Di

- Sungai Cimanuk Bagian Hulu Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*. IX (1):119-128.
- Boyd, C. E., and Tucker, C. S..2017. *Calculating the Feed Oxygen Demand of Aquafeeds*. *Journal of Fisheries and Environment*, 32(3), 26-35.
- Brown, Terry-René W.,* Marc J. Lajeunesse,* Kathleen M. Scott. 2020. Strong effects of elevated CO₂ on freshwater microalgae and ecosystem chemistry. *Limnol. Oceanogr.* (65): 304–313. doi: 10.1002/lno.11298
- Ciawi, Y., Padilla, P. M. D., and Yekti, M. I.. 2022.The strategy of Tukad Badung pollution control using QUAL2Kw and AHP. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1117(1), Article 012071. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1117/1/012071>
- Effendi, H., 2003. *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan* (Cet. ke-1). Kanisius. ISBN 978-979-21-0613-8
- Effendi, H., Widyatmoko, Utomo, B. A. and Pratiwi, N. T. M. 2020. Ammonia and Orthophosphate Removal of Tilapia Cultivation Wastewater with *Vetiveria zizanioides*. *Journal of King Saud University*. 32(20): 207–212.
- Fadzry, N., Hidayat, H. dan Eniati, E. 2020. Analysis of COD, BOD and DO Levels in Wastewater Treatment Instalation (IPAL) at Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*. 5(2); 80-89.
- Huda, C. A., Prihanesti, O. dan Rini, K. 2021. Pemodelan Sebaran Kualitas Air Di Pesisir Selat Bali Terhadap Ekosistem Perairan. *Jurnal Inovtek Polbeng*. 11(2): 98-105.
- Indrawan, G.S. dan Putra, I.N.G. 2021. Heavy Metal Concentration (Pb, Cu, Cd, Zn) In Water And Sediments In Serangan Waters, Bali. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*8(1):115–123.
- Jana, I. W., N. K. Mardani dan I. W. Budiarsa Suyasa. 2012.*Analisis karakteristik sampah dan limbah cair Pasar Badung dalam upaya pemilihan sistem pengelolaannya*. *Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 2(1):5p. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ecotrophic/article/view/2452>
- JICA. 2006. *The Comprehensive Study on Water Resources Development and Management in Bali Province* (Final Report): Fasilitas Pengendalian Banjir Untuk Sungai Badung Dan Sungai Mati: Yachiyo Engineering Co.Ltd dan Nipon Koei Co.Ltd.
- Mendes, Bernard A.R; I Wayan Suarna danI Made Sara Wijana. 2024. Studi Kualitas Air, Status Mutu Air dan Beban Pencemaran Sungai Badung. *Jurnal Wilayah, Kota dan Lingkungan Berkelanjutan*. 2 (3): 117- 132. DOI: <https://doi.org/10.58169/jwikal.v3i2.529>
- Mogi, T.A., I Gusti Agung Ayu Ratnawati dan Putu Suardana. 2022. Uji Kandungan Unsur Logam Berat Fe, Pb, Cu dan Cr Pada Air Tukad Badung, Desa Dauh Puri Kauh dengan Metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). *Buletin Fisika*. 24(2):121
- Nasir, A., Arma, N. R. dan Mulyadin, A. 2023. Persiapan air media pemeliharaan dan monitoring kualitas air budidaya ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Kelurahan Kallabirang Kecamatan Minasatene, Pangkep. *Jurnal Aplikasi Teknologi Rekayasa dan Inovasi*. 2(2): 112-120.
- Neeratanaphan, L., Peerapornpisal, Y. and Sreesamoot, T..2020. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Mekong River Basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06744-2>

- Perwira, I. Y., Ekawaty, R., Waskita Sari, A. H., & Ulinuha, D..2019. Dekomposisi bahan organik pada sedimen di Tukad Mati dan Tukad Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5(2), 223–228. <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i02.p09>
- Raven, J. A., Beardall, J., and Raven, P. R.. 2020. *Photosynthesis, carbon acquisition and primary productivity of phytoplankton: a review dedicated to Colin Reynolds. Hydrobiologia*. Vol. 848.p: 77-94.
- Rustiah, W., Noor, A., Maning, Lukman, M. dan Nurfadillah. 2019. Analisis Distribusi Logam Berat Timbal dan Cadmium dalam Sedimen Sepanjang Muara Sungai dan Laut Perairan Spermonde, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Indo. Jurnal Chemistry Res*. 7(1): 1-8.
- Sari, Alfi Hermawati Waskita dan I Wayan Darya Kartika. 2022. Peringatan Dini Keberadaan Arsen (As) pada Air dan Sedimen di Hilir Sungai Tukad Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 8(2): 197-201
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. McGraw-Hill.
- Siswoyo, E. dan Habibi, G. F. 2018. Sebaran Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Air Sungai dan Sumur di Daerah Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA)
- Sudrajat, S.. 2018. Analisis Histopatologis Insang dan Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Fe Pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) yang Dibudidayakan di Kolam Bekas Tambang Kota Samarinda. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 7(1): 36–42. <https://dli.ejournal.unri.ac.id/index.php/DL/article/view/7483>
- Sumekar, Henu; Suprihatin, Iryanti E.; Irdhawati, Irdhawati. Kandungan Logam Pb Dan Hg Dalam Sedimen Di Muara Sungai Matikabupaten Badung Bali.Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry), [S.l.], v. 3, n. 2, p. 45 – 49
- Suryono, C. A., & Rochaddi, B.. 2013. Konektivitas logam berat dalam air tanah dangkal, sedimen dan air laut di wilayah pesisir (Connectivity of heavy metals in shallow groundwater, sediment, and seawater in coastal areas). *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 18(2), 91–96. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.18.2.91-96>
- Tumwesigye, Zephline; Wycliffe Tumwesigye; Fina Opio; Chloe Kemigabo and Boaz Mujuni. 2022. The Effect of Water Quality on Aquaculture Productivity in Ibanda District, Uganda. *Aquac. J*.2(1), 23-36; <https://doi.org/10.3390/aquacj2010003>
- Vichotama, R, Riyanto Haribowo dan Tri Budi Prayogo.2021. Analisa Kualitas Air Tukad Badung, Denpasar, Bali Menggunakan Program QUAL2Kw. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air (JTRESDA)*.1 (1): 40-51
- Wahyuni, T., Prihatini, E. S., Muntalim, Wadji, F., Wahyudi, T., Purnama Wibawa dan Laily, D. W. 2021. Analisa Kualitas Air Waduk Palangan Di Desa Palangan Kecamatan Karangbinangun Kabupaten Lamongan. *Jurnal Grouper*. 12(2): 12-21.
- Wetzel, R. G..2001. *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). Academic Press. ISBN 978-0-12-744760-5
- Widyasari, N. L., I Nyoman Rai, IGB Sila Dharma dan Made Sudiana Mahendra. 2023. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr Pada Tanaman Padi Dan Jagung Yang Sistem Pengairannya Berasal Dari Sungai Badung. *Ecotrophic*. 17(2): 165-173
- Zhai, L., Tang, C., Platt, T., and Sathyendranath, S..2011. *Ocean response to attenuation of visible light by phytoplankton in the Gulf of St. Lawrence*. *Journal of Marine Systems*, 88, 285–297.

