



Identifikasi Kualitas Air dan Pencemaran Nutrien di Danau Batur dari Parameter Total Fosfat dan Total Nitrogen

Identification of Water Quality and Nutrient Pollution in Lake Batur from The Parameters of Total Phosphorus and Total Nitrogen

INDAH FEBRIANA SANI^{1*}, ASTRIED SUNARYANI², RESARIZKI UTAMI¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Ryacudu, Lampung Selatan, 35365, Indonesia

²Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih BRIN, KST Samaun Samadikun, Jl. Sangkuriang, Kel. Dago, Kec. Coblong, Bandung, 40135, Indonesia

*indah.120250045@student.itera.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 December 2023

Accepted 04 July 2024

Published 31 July 2024

Keywords:

Water

Total phosphate

Total nitrogen

UV-Vis Spectrophotometry

Combine reagents

Alkaline persulfate

ABSTRACT

Lake Batur is one of the National Priority Lakes that is currently experiencing a decline in water quality, especially nutrient pollution resulting from anthropogenic activities such as agriculture, floating net fisheries, domestic, tourism and livestock. The purpose of this study is to determine the total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) contents from six sample stations that serve as sources of nutrient contamination in the lake. Determination of TP concentration was carried out using the ascorbic acid method, and TN was carried out using the alkaline persulfate-salicylic acid method, subsequently, using PP number 22 of 2021 as a basis, the data were compared to lake water quality criteria. The result of the research showed that the TP concentration in Lake Batur water was in the range of 0.07–0.97 mg/L, while TN was in the range of 0.19–2.21 mg/L. Comparing the water quality of the lake with class 2, the TP concentration at all stations does not comply with the quality standards (>0.03 mg/L), while the TN concentration at all stations is still below the quality standards (<0.75) except at station 2 which exceeds quality standards. The highest source of N load pollution comes from KJA fishing activities, namely 45.19%, while the highest P load comes from agricultural activities, namely 91.69%.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 18 Desember 2023

Disetujui 04 Juli 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

Kata kunci:

Air danau

Total fosfat

Total nitrogen

Spektrofotometer UV-Vis

Combine reagents

Alkaline persulfate

ABSTRAK

Danau Batur merupakan salah satu danau prioritas nasional yang saat ini mengalami penurunan kualitas air khususnya pencemaran nutrien yang diakibatkan oleh aktivitas antropogenik seperti pertanian, budidaya ikan dengan keramba jaring apung, domestik, pariwisata, dan peternakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) dari enam stasiun sampel yang menjadi sumber pencemaran unsur hara di danau. Penentuan konsentrasi TP dilakukan dengan metode asam askorbat dan TN dilakukan dengan metode alkalin persulfat-asam salisilat, selanjutnya dengan menggunakan dasar PP Nomor 22 Tahun 2021, data tersebut dibandingkan dengan kriteria kualitas air danau. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi TP pada air Danau Batur berada pada rentang 0,07–0,97 mg/L sedangkan TN berada pada rentang 0,19–2,21 mg/L. Jika kualitas air danau dibandingkan dengan kelas 2, konsentrasi TP di semua stasiun tidak sesuai dengan baku mutu ($>0,03$ mg/L) sedangkan konsentrasi TN pada semua stasiun masih berada di bawah baku mutu ($<0,75$ mg/L) kecuali pada stasiun 2 yang melebihi baku mutu. Sumber pencemar beban N paling tinggi berasal dari aktivitas perikanan KJA yaitu sebesar 45,19% sedangkan beban P paling tinggi berasal dari aktivitas pertanian yaitu sebesar 91,69%.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Danau adalah sumber mata air yang memiliki berbagai peranan bagi masyarakat yang secara hidrologis berfungsi untuk mencegah banjir dan kekeringan. Pencemaran air danau di Indonesia sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia, industri, dan pertanian (Patricia *et al.*, 2018). Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2021, Danau Batur ditetapkan sebagai salah satu danau nasional yang harus diprioritaskan, yang berpotensi mengalami pencemaran karena tingginya aktivitas di badan air dan lingkungan sekitar Danau Batur. Menurut Sabrina & Sudaryanto (2020), Danau Batur mengalami pencemaran akibat aktivitas budidaya keramba jaring apung (KJA) di badan air danau, pertanian, permukiman, dan pariwisata di sekitar danau. Industri pariwisata Danau Batur berkembang pesat. Pada bagian barat danau, Toya Bungkah, banyak restoran dan hotel tetapi kemungkinan besar mereka tidak memiliki sistem pengolahan air limbah yang memadai. Sedangkan kegiatan pertanian, pestisida dan pupuk anorganik yang digunakan di sekitar danau meningkatkan pencemaran air danau.

Kepedulian dari menjaga kebersihan dan keindahan danau harus menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari manusia. Parameter fisika, kimia, dan biologi air danau yang ditetapkan oleh pemerintah, Kementerian Kesehatan, dan Kementerian Lingkungan Hidup dapat digunakan untuk menentukan apakah danau tercemar atau tidak. Indikator pencemaran kimiawi termasuk kadar amonia, nitrat, dan fosfat yang melebihi baku mutu air danau yang ada (Hamuna *et al.*, 2018).

Nitrogen dan fosfat adalah salah satu senyawa kimia yang dapat menyebabkan kualitas air menurun (Sutamihardja *et al.*, 2018). Dalam perairan, nitrogen organik terlarut (DON) dan nitrogen organik partikulat (PON), serta fosfat terlarut (DOP) dan fosfat organik partikulat (POP) masing-masing terdapat dalam bentuk terlarut dan partikulat organik. Dalam perairan bentuk dari fosfat sendiri adalah ortofosfat (Millero *et al.*, 2006).

Komponen nitrogen dan fosfat dalam perairan danau berasal dari deposisi atmosfer, air tanah, serta kegiatan antropogenik baik di dalam badan air seperti KJA maupun yang di luar badan air melalui limpasan air hujan. Meningkatnya jumlah KJA di Danau Batur menambah tingginya beban nutrisi ke dalam badan air. Setelah limbah organik dari KJA terurai menghasilkan nitrogen dan fosfor, maka kualitas perairan menurun (Garno, 2006; Wiryanata & Owa, 2021; Sulastika *et al.*, 2019; Nopem *et al.*, 2020; Diarta *et al.*, 2016).

Pada dasarnya, makhluk hidup yang tumbuh di perairan membutuhkan fosfat dalam jumlah tertentu, tetapi kelebihan fosfat dapat membahayakan kehidupan mereka. Keberadaan nitrogen dan fosfat di dalam perairan awalnya akan memicu pertumbuhan alga atau fitoplankton dan peningkatan produktivitas perairan. Namun, dalam keadaan berlebih akan menyebabkan terjadinya ledakan alga atau *blooming algae* yang mengganggu kehidupan makhluk air lainnya. Ledakan alga akan menutup permukaan air, menghalangi masuknya sinar matahari. Akibatnya fitoplankton dan alga tidak dapat melakukan fotosintesis

kemudian mati. Oksigen yang digunakan untuk proses dekomposisi lebih banyak dibandingkan dengan oksigen yang dihasilkan sehingga akan terjadi penurunan atau deplesi oksigen hingga kondisi anoksik yang dapat mengancam kehidupan ikan (Wetzel, 2001).

Salah satu kasus kematian massal ikan terjadi di Danau Batur pada tahun 2021, yaitu kematian ikan siap panen hingga 18 ribu ekor atau sekitar 17 ton ikan (Fea, 2021). Kematian massal ikan di wilayah Danau Batur yang dibudidayakan dengan sistem KJA terjadi setiap tahun menjelang musim penghujan. Menurut laporan sebelumnya, kasus kematian massal ini disebabkan oleh kandungan sulfur dan residu amonia yang dihasilkan oleh Gunung Batur di dekat kawasan pertanian. Meningkatnya residu di permukaan air dapat menimbulkan kandungan amonium dan belerang yang cenderung beracun yang dapat menurunkan kandungan *dissolved oxygen* (DO) dalam air, sehingga menyebabkan ikan mengalami hipoksia (Wiradana, *et al.*, 2022).

Beban pencemar nitrogen (N) dan fosfat (P) yang masuk ke Perairan Danau Batur pada tahun 2022 yaitu sebesar 650,17 ton/tahun untuk beban N dan 170,22 ton/tahun untuk beban P. Sumber pencemar utama beban N paling tinggi berasal dari aktivitas perikanan KJA yaitu sebesar 45,19% sedangkan beban P paling tinggi berasal dari aktivitas pertanian, yaitu sebesar 91,69%. Sumber pencemar lainnya seperti limbah domestik, pariwisata, dan peternakan berkontribusi minor dibandingkan dengan pertanian dan perikanan, yaitu sebesar 15,54% N dan 0,26% P untuk domestik, 7,83% N dan 0,19% P untuk pariwisata, serta 3,32% N dan 0,04 % P untuk peternakan (Sulistyowati, 2023).

Mengingat bahaya dari kandungan fosfat dan nitrogen yang berlebih dalam perairan dapat mengancam kehidupan organisme akuatik, diperlukan penelitian terkait kandungan fosfat dan nitrogen dalam air Danau Batur. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi fosfat dan nitrogen dalam sampel perairan adalah spektrofotometri Ultraviolet-Visibel (Spektrofotometri UV-Vis) (Luviana *et al.*, 2020; Ndani, 2016). Spektrofotometri UV-Vis mengukur absorbansi atau konsentrasi berdasarkan seri larutan pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang paling sesuai dapat ditemukan dengan membuat spektrum absorb, di mana panjang gelombang yang paling sesuai adalah panjang gelombang yang menghasilkan absorbansi maksimum. Dengan menggunakan panjang gelombang dari absorbansi maksimum ini, sedikit deviasi (perbedaan) panjang gelombang dari cahaya masuk akan menyebabkan kesalahan pengukuran yang kecil (Harmita, 2004). Terdapat beberapa metode yang telah diterapkan dalam penentuan kadar fosfat menggunakan spektrofotometer UV-Vis, yaitu dengan metode penggunaan *combine reagent* dengan pengukuran menggunakan panjang gelombang 880 nm (Karil *et al.*, 2015; Oktaviani *et al.*, 2015; Utomo *et al.*, 2018).

1.2 Tujuan Penelitian

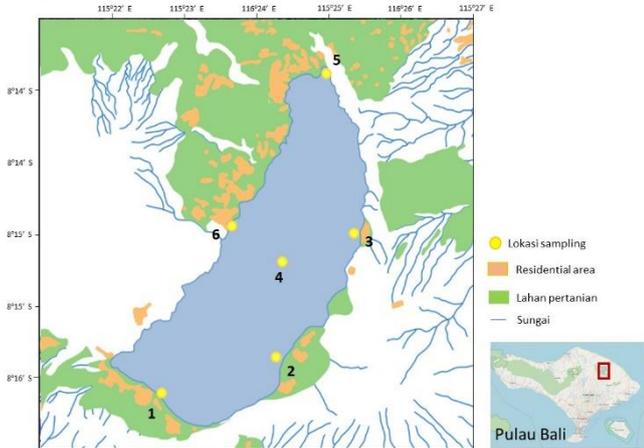
Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman kondisi kualitas air dan pencemaran nutrisi di Danau Batur, khususnya dari parameter total fosfat dan total nitrogen. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran bagaimana kondisi terkini kualitas air Danau Batur dan pencemaran nutrisi yang terjadi akibat aktivitas

antropogenik di badan air maupun di daerah tangkapan air danau.

2. METODE

2.1 Lokasi Studi

Pengambilan sampel air Danau Batur dilakukan di 6 titik (stasiun) yang masing-masing mewakili rona lingkungan danau dengan kondisi sumber pencemar yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan pada Mei 2023.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air pada 6 stasiun di Danau Batur

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel

Stasiun	Lokasi	Koordinat	Keterangan
1	Desa Kedisan	08°16'39.43" 115°23'03.24"	keramba, dermaga, permukiman, pertanian
2	Desa Abang	08°16'28.69" 115°24'33.30"	keramba, permukiman, pertanian
3	Desa Terunyan	08°15'09.13" 115°25'25.30"	permukiman, pertanian
4	Desa Buahian	08°15'27.43" 115°24'37.48"	tengah danau
5	Desa Songan A	08°13'26.46" 115°25'06.99"	Pura Ulun Danau, pompa air
6	Desa Songan B	08°15'04.34" 115°24'03.96"	pariwisata, restoran, permukiman, pertanian

Sampel air diambil dengan menggunakan *Horizontal Water Sampler* sampai pada tiga kedalaman yang mewakili permukaan, tengah, dan dasar danau, kecuali untuk stasiun 2 dan 5 diambil hanya di dua kedalaman karena titik tersebut merupakan perairan yang lebih dangkal. Selanjutnya, dilakukan analisis konsentrasi total fosfat dan total nitrogen pada sampel air.

2.2 Analisis Total Fosfat dan Total Nitrogen

Konsentrasi total fosfat ditentukan dengan menggunakan metode asam askorbat (4500-P) (APHA, 2012) sedangkan konsentrasi total nitrogen ditentukan dengan menggunakan metode alkalin persulfat-asam salisilat (Satya et al., 2022). Kedua metode ini menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang pengukuran pada 880 nm (total fosfat) dan 410 nm (total nitrogen).

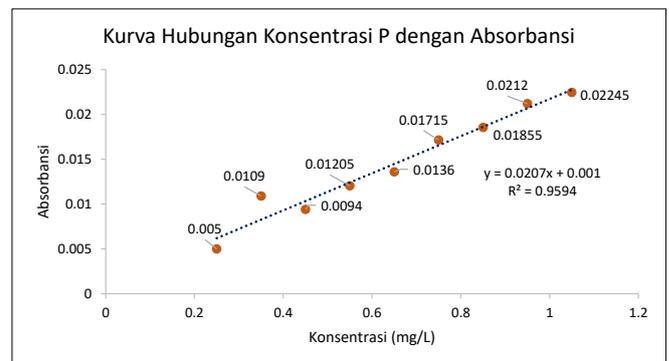
Konsentrasi total fosfat dihitung dengan menggunakan persamaan linear yang ditentukan dari kurva kalibrasi larutan standar fosfat pada rentang konsentrasi 0,25–1,05 mg/L. Sedangkan konsentrasi total nitrogen dihitung dengan menggunakan persamaan dari Satya et al. (2022) sebagai berikut:

$$TN \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{Rerata\ absorbansi - 0.016}{0.74} \times 10 \dots\dots\dots(1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kurva Kalibrasi Standar Fosfat

Kurva kalibrasi perlu dibuat terlebih dahulu sebelum penentuan kadar fosfat. Gambar 2 menunjukkan kurva kalibrasi yang dihasilkan dari larutan standar konsentrasi fosfat 0,25–1,05 mg/L, memperlihatkan hubungan yang linear antara kadar fosfat dan absorbansinya di mana semakin besar kadar fosfat semakin besar pula nilai absorbansinya. Kurva kalibrasi menghasilkan persamaan garis $y = 0,0207x + 0,001$ dengan nilai $r = 0,9794$ yang menunjukkan tingkat linearitas yang sangat baik. Selanjutnya, persamaan ini digunakan untuk menghitung total konsentrasi fosfat. Sumbu y menunjukkan absorbansi (A) dan sumbu x menunjukkan konsentrasi fosfat (TP), sehingga persamaan $A = 0,0207 (TP) + 0,0001$.



Gambar 2. Kurva kalibrasi larutan standar fosfat

3.2 Konsentrasi Total Fosfat

Konsentrasi total fosfat pada enam stasiun ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi total fosfat di Danau Batur

Stasiun	Kedalaman (m)	Konsentrasi Total Fosfat (mg/L)	MS/TMS		
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
1	0	0,15	TMS	TMS	MS
	15	0,07	TMS	TMS	MS
	30	0,19	TMS	TMS	MS
2	0	0,21	TMS	TMS	TMS
	15	0,29	TMS	TMS	TMS
3	0	0,13	TMS	TMS	MS
	15	0,13	TMS	TMS	MS
	50	0,72	TMS	TMS	TMS
4	0	0,97	TMS	TMS	TMS
	15	0,07	TMS	TMS	MS
	50	0,82	TMS	TMS	TMS
5	0	0,08	TMS	TMS	MS
	5	0,13	TMS	TMS	MS
6	0	0,17	TMS	TMS	MS
	15	0,09	TMS	TMS	MS
	40	0,63	TMS	TMS	TMS

Keterangan:

MS = Memenuhi Syarat

TMS = Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 2, konsentrasi total fosfat yang paling tinggi berada pada air permukaan (0 m) di stasiun 4 yaitu 0,97 mg/l. Stasiun 4 merupakan titik di bagian tengah danau dan paling dalam di antara stasiun yang lainnya, tetapi memiliki konsentrasi TP yang paling tinggi padahal stasiun 4 tidak dipengaruhi secara langsung dari sumber pencemar. Hal ini diduga disebabkan oleh faktor hidrodinamika di Danau Batur. Danau Batur merupakan danau tertutup sehingga *transport* nutrien akan berputar di dalam badan air danau saja tanpa ada aliran *outlet* yang keluar danau (Sunaryani *et al.*, 2023). Pola aliran danau yang tidak beraturan akan mengangkut massa air dan partikel dari satu lokasi ke lokasi yang lain, menyebabkan konsentrasi nutrien bergerak ke seluruh arah. Selain faktor dari pola aliran, fluktuasi konsentrasi nutrien di Perairan Danau Batur juga dipengaruhi oleh angin dan *flushing* atau terjadinya proses pergantian massa air yang tidak beraturan (Kusnadi *et al.*, 2023).

Fluktuasi konsentrasi TP di badan air danau juga disebabkan dari limpasan yang membawa kontaminan (*transport* kontaminan) dari aktivitas antropogenik di sekitar danau sehingga terjadi akumulasi kontaminan pada stasiun tersebut (Oporto *et al.*, 2016). Danau Batur merupakan danau tertutup yang tidak memiliki *inlet* dan *outlet* alami. Aliran yang masuk ke dalam danau berasal dari sungai intermiten yang hanya mengalir selama musim hujan dan kering pada musim kemarau (Wulan *et al.*, 2017). Akibatnya, kontaminan yang ada di Danau Batur akan terakumulasi di badan air dan membutuhkan waktu yang lama untuk *self-purification*.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi total fosfat pada bagian permukaan danau lebih tinggi (0,97 mg/L) dibandingkan dengan konsentrasi pada bagian tengah (0,07 mg/L) dan dasar danau (0,82 mg/L). Hal ini dapat disebabkan

oleh terjadinya pelepasan intensif senyawa fosfat dari sedimen pada kondisi anoksik dan pencampuran air yang kurang sempurna sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi elemen ini pada bagian dasar danau. Apabila proses pencampuran air berlangsung dengan baik dan terdapat oksigen, konsentrasi fosfat pada dasar danau akan rendah (Kowalczevska-Madura *et al.*, 2007).

Kualitas air Danau Batur belum ditetapkan oleh pemerintah daerah, sehingga berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2022 untuk perairan yang belum ditentukan kelas airnya maka menggunakan baku mutu air kelas 2. Dari Tabel 2, konsentrasi TP tidak memenuhi syarat untuk air kelas 2 (>0,03 mg/L), tetapi memenuhi syarat untuk air kelas 3. Hasil yang sama diperoleh dari Sukmawati *et al.* (2019) karena konsentrasi fosfat rata-rata 0,56 mg/L di Danau Batur menunjukkan bahwa dari parameter TP, air Danau Batur hanya memenuhi kualitas air baku kelas tiga. Hanya budidaya perikanan air tawar, peternakan, dan pertamanan yang dapat menggunakan air ini.

Tingginya konsentrasi TP diduga disebabkan oleh masukan beban pencemar mengandung fosfat yang berasal dari sekitar danau maupun dari badan air danau sendiri. Aktivitas di sekitar danau seperti pertanian, permukiman, dan pariwisata menghasilkan limbah dengan konsentrasi fosfat tinggi, sedangkan dari dalam badan air limbah fosfat dihasilkan dari kegiatan keramba jaring apung (KJA) yang saat ini jumlahnya mencapai 17.786 petak KJA dengan ukuran rata-rata 4x4 m hingga 4x6 m (Sunaryani *et al.*, 2024).

Konsentrasi total fosfat pada Stasiun 5 dengan rata-rata 0,1 mg/L sangat rendah dibandingkan dengan stasiun yang lainnya dikarenakan jika dilihat dari data jumlah KJA dari tahun 2021 (Dinas Pertanian, Ketahanan Pangan dan

Perikanan, 2022) di Danau Batur stasiun 5 (Desa Songan) memiliki jumlah KJA yang paling sedikit yakni sebesar 300 petak. Selain itu, stasiun 1 memiliki konsentrasi total fosfat rata-rata 0,13 mg/L, yang sama dengan stasiun 5, dan memiliki 700 KJA pada tahun 2021.

3.3 Konsentrasi Total Nitrogen

Berdasarkan Tabel 3 konsentrasi total nitrogen (TN), stasiun 2 di permukaan (0 m) memiliki konsentrasi TN tertinggi sebesar 2,21 mg/L. Temperatur perairan mempengaruhi konsentrasi total nitrogen karena organisme membutuhkan oksigen untuk dekomposisi. Konsentrasi nitrogen dan fosfor merupakan faktor yang membatasi kesuburan perairan (Lovett et al., 2000).

Beban pencemar dari aktivitas keramba jaring apung (KJA), permukiman, dan pertanian meningkatkan konsentrasi total nitrogen pada stasiun 2. Usaha perikanan dengan KJA di Danau Batur dimulai sejak tahun 2003 yang bertujuan untuk meningkatkan pendapatan petani lokal (Diarta et al., 2016) dan sampai saat ini jumlah petak KJA terus meningkat. Dilaporkan oleh Dinas Pertanian, Ketahanan Pangan, dan Perikanan Kabupaten Bangli, jumlah petak KJA meningkat signifikan dari 9.325 petak pada tahun 2018 menjadi 12.200 petak pada tahun 2021 (30,83%) dengan total produksi meningkat 12,23% dari tahun 2018 menjadi 4.274,95 ton ikan. Lokasi KJA tersebar hampir di seluruh pinggir danau dengan petak KJA terbanyak terdapat pada Desa Trunyan (4.082 petak) atau pada stasiun 3. Dengan pola aliran danau yang cenderung berputar dan tidak beraturan, limbah nutrien yang berada pada stasiun 3 akan terbawa arus air menuju stasiun 4 atau di bagian tengah danau sehingga meningkatkan konsentrasi nutrien pada stasiun 4.

Konsentrasi total nitrogen dan total fosfat dari KJA menunjukkan bahwa limbah KJA menambahkan nutrien ke perairan danau. KJA menghasilkan nutrien dari sisa pakan dan produk metabolisme ikan. Aktivitas budidaya perikanan menyumbangkan 65,1% (TN) dan 62,6% (TP) dalam bentuk terlarut, sedangkan pakan menyumbang 71,4% fosfor dan 68–86% nitrogen ke lingkungan perairan, sisanya dimakan oleh ikan (Mazon et al., 2007; Morris & Prise, 2015). Data tersebut menunjukkan kontribusi yang signifikan dari fosfat dan nitrogen terhadap perairan.

Tabel 3. Konsentrasi total nitrogen di Danau Batur

Stasiun	Kedalaman	Konsentrasi TN (mg/L)	MS/TMS		
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
1	0	0,42	MS	MS	MS
	15	0,19	MS	MS	MS
	30	0,27	MS	MS	MS
2	0	2,21	TMS	TMS	TMS
	15	0,42	MS	MS	MS
3	0	0,39	MS	MS	MS
	15	0,26	MS	MS	MS
	50	0,36	MS	MS	MS
4	0	0,47	MS	MS	MS
	15	0,49	MS	MS	MS
	50	0,44	MS	MS	MS
5	0	0,64	MS	MS	MS
	5	0,56	MS	MS	MS
6	0	0,63	MS	MS	MS
	15	0,57	MS	MS	MS
	40	0,37	MS	MS	MS

Keterangan:

MS = Memenuhi Syarat

TMS = Tidak Memenuhi Syarat

Dari kegiatan pertanian, sumber nitrogen dapat berasal dari pupuk organik, pupuk anorganik, sisa tanaman, fiksasi nitrogen biologis, dan air irigasi (Laegreid et al., 1999). Pemakaian pupuk kimia untuk kegiatan pertanian di sekitar Danau Batur sebagian besar dilakukan oleh masyarakat untuk pertanian tanaman hortikultura seperti kubis, bawang merah, cabai, tomat, dan jagung. Seluruh petani menggunakan campuran 60% pupuk kimia (pupuk NPK) dan 40% pupuk organik (pupuk kompos). Mereka juga terus menerus menggunakan pestisida dan fungisida (Sundra & Joni, 2015). Hasil wawancara di lokasi menunjukkan bahwa petani tidak dapat sepenuhnya menerapkan sistem pertanian organik tanpa menggunakan pestisida dan pupuk kimia. Menurut para petani, sistem pertanian organik belum optimal dalam meningkatkan produksi pertanian.

Danau Batur sebagian besar dikelilingi oleh area pertanian (Gambar 1) yaitu Desa Buahman dan Kedisan (stasiun 1), Desa Abang (stasiun 2), Desa Songan (stasiun 5), Desa Terunyan (stasiun 3), dan Desa Toya Bungkah (stasiun 6). Area pertanian di sekitar danau tersebut memiliki topografi yang lebih tinggi dibandingkan Danau Batur sendiri dan pengaruh dari karakteristik porositas tanah yang diduga menyebabkan penumpukan pupuk dan pestisida yang terbawa limpasan air kemudian masuk ke dalam perairan danau (Sundra & Joni, 2015).

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan nilai TP dan TN yang bervariasi terhadap kedalaman. Selain dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika dan kondisi morfologi danau, sebaran konsentrasi nutrien di perairan dipengaruhi oleh karakteristik dari pencemar tersebut. Menurut Kusnadi et al. (2023), karakteristik masing-masing pencemar memengaruhi perbedaan konsentrasi total fosfat dan total nitrogen dalam suatu perairan. Pada perairan, total fosfat cenderung mengendap di dasar sedimen dan memerlukan waktu yang lebih lama untuk terurai karena sifatnya yang lebih stabil daripada spesi nitrogen lainnya, atau nitrat. Namun, total nitrogen lebih tinggi daripada total fosfat dalam perairan karena mudah larut dan tidak stabil dalam air. Akibatnya, nilai total nitrogen dalam perairan cukup merata dan lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi total fosfat pada air Danau Batur berada pada rentang 0,07–0,97 mg/L sedangkan total nitrogen berada pada rentang 0,19–2,21 mg/L. Jika dibandingkan dengan baku mutu air danau kelas 2, konsentrasi total fosfat di semua stasiun tidak sesuai dengan baku mutu (>0,03 mg/L) sedangkan konsentrasi total nitrogen pada semua stasiun masih memenuhi standar (<0,75 mg/L) kecuali pada stasiun 2 yang melebihi baku mutu. Pencemaran nutrisi di Danau Batur disebabkan oleh aktivitas antropogenik yaitu pertanian, budidaya ikan dengan keramba jaring apung, domestik, pariwisata, dan peternakan.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Badan Riset Inovasi Nasional atas dukungan pembiayaan penelitian ini melalui Rumah Program Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional serta dari Riset Inovasi Indonesia Maju 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). (2012). Standard Methods 4500-P Phosphorus. American Public Health Association Inc., New York.
- Satya, A., Christmadha, T., Satya, A. D. M., & Satya, I. A. (2022). Optimizing Crude Protein Production from Minute Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr) Grown in Varied NPK Based Medium. IOP Conf. Ser: Earth Environmental Science. 1062-012008.
- Diarta, I.D., Merawati, L.K., & Pramandari, P.S. (2016). Model Optimal Usaha Pembesaran Ikan Nila Sistem Keramba Jaring Apung di Danau Batur Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli, Prosiding Seminar Nasional UNMAS Denpasar, halaman 1062-1069.
- Dinas Pertanian, Ketahanan Pangan dan Perikanan. (2022). Data Statistik Perikanan. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Kab. Bangli, Bali.
- Fea. (2021). Puluhan Ribu Ikan Nila Mati Keracunan di Danau Batur Bali. CNN Indonesia <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20210720154913-20-669975/puluhan-ribu-ikan-nila-mati-keracunan-di-danau-batur-bali>. Diakses 1 April 2024
- Garno, Y.S. (2006). Contribution of Organic Waste from Fish Culture on Degradation of Water Quality of Reservoir Cirata. JTL 7(3)-303-310.
- Hamuna, B., Tanjung, R.H., Suinto, S., & Maury, H.K. (2018). Konsentrasi Amoniak, Nitrat dan Fosfat di Perairan Distrik Depapre, Kabupaten Jayapura. *Enviro Science*, 14 (1), 8-15.
- Harmita. (2004). Review Artikel. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Jurnal Majalah Ilmu Kefarmasian Departemen Farmasi FMIPA UI*, Vol 1 No. 3.
- Karil, A.R.F., Yusuf, M., & Maslukah, L. (2015). Studi Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Perairan Teluk Ujungbatu Jepara. *Journal of Oceanography*, 4(2), 386-392.
- Kowalczywska-Madura, K., Dondajewska, R., & Gołdyn, R. (2007). Changes of phosphorus concentration in bottom sediments and in overlying water of two strongly eutrophicated lakes in Wielkopolska Region. *Limnological Review*, 7(4), 205-211.
- Kusnadi, E., Utomo, K.P., & Desmaiani, D. (2023). Pola Sebaran Total Nitrogen dan Total Fosfat Akibat Aktivitas Disekitar Danau Sebedang Sambas, *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 11(1), 41–49.
- Laegreid, M., Bockman, O.C., & Kaarstad, O. (1999). *Africulture and Fertilizers*. 294. https://www.researchgate.net/publication/4748581_Agriculture_Fertilizers_and_the_Environment_M_Laegreid_OC_Bockman_and_O_Kaarstad_CABI_Publishing_in_association_with_Norsk_Hydro_ASA_1999_294_pp_Price_2250_or_US4000_paperback_ISBN_0-85199-358-3
- Luviana, Q., Arief, M.S., & Panggabean, A.S. (2020). Verification of Determination of Phosphate Method in Domestic Wastewater Using the Ascorbic Acid Method with UV-Vis Spectrophotometer. *Prosiding Seminar Nasional 1 Baristand Industri Padang*, Redwhite Press, 125-129.
- Lovett, G.M., Weathers, K.C., & Sobczak, W.V. (2000). Nitrogen Saturation and Retention in Forested Watersheds of the Catskill Mountains, New York. *Ecological Application*, 10(1), 73-84.
- Mazon, M. J., Piedecausa, M. A., Hernandez, M.D., & Garcia, B. G. (2007). Evaluation of Environmental Nitrogen and Phosphorus Contribution as A Result of Intensive Ongrowing of Common Octopus (*Octopus vulgaris*), 266, 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.001>.
- Millero, F.J. (2006). *Chemical Oceanography*. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Morris, J., & Oceanic, N. (2015). *Marine Cage Culture & the Environment: Twenty-first Century Science Informing a Sustainable Industry*.
- Ndani, L. P. L. M. (2016). Penentuan Kadar Senyawa Fosfat di Sungai Way Kuripan Dan Way Kuala Dengan Spektrofotometer UV-Vis, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- Nopem I.M., Arthana I.W., & Dewi A.P.W.K. (2020). Keterkaitan Tingkat Kesuburan Perairan Keramba Jaring Apung dengan Fitoplankton di Desa Terunyan, Danau Batur, Bali, *Current Trends in Aquatic Science III* (1), halaman 54-61.
- Oktaviani, A., Yusuf, M., & Maslukah, L. (2015). Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Perairan Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang. *Journal of Oceanography*, 4(1), 85-92.
- Oporto, L. C., Ramírez, D. A., Varela, J. D., & Schaerer, C. E. (2016). Analysis of contaminant transport under wind conditions on the surface of a shallow lake. *Mecánica Computacional*, 34(31), 2155-2163.

- Patricia, C., Astono, W., & Hendrawan, D.I. (2018). Kandungan Nitrat dan Fosfat di Sungai Ciliwung. In *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan* (pp. 179-185).
- Peraturan Presiden Republik Indonesia (Perpres). (2021). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2021 tentang Penyelamatan Danau Prioritas Nasional.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lampiran VI). Indonesia.
- Sabrina, R.N.F., & Sudaryanto. (2020). Multitemporal Analysis for Trophic State Mapping in Batur Lake at Bali Province Based on High-Resolution Planetscope Imagery. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 17 (2), 149-162.
- Sukmawati, N.M.H., Pratiwi, A.E., & Rusni, N.W. (2019). Kualitas Air Danau Batur berdasarkan Parameter Fisikokimia dan NSFQI. *WICAKSANA, Jurnal Lingkungan & Pembangunan*, 3(2). 53-60.
- Sulastika, G.B., Restu, I.W., & Suryaningtyas, E.W. (2019). Pengaruh Kadar Protein Pakan yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan Juvenil Ikan Gurami (*Osporonemus gourami*) pada Kolam Terpal. *Current Trends in Aquatic Science*, 2(1), halaman 5-12.
- Sulistyowati, H., (2023). *Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Air Danau Batur*, Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Sunaryani, A., Santoso, A.B, Muttaqien, F.H., Harvianto, F., Rustini, H.A., Kartini, N.L., & Triwisesa, E. (2023). A Web-Based Numerical Model for Sustainable Management of Lake Batur, Bali: Preliminary Results. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1201, 012049.
- Sunaryani, A., Santoso, A.B., Soewondo, P., Suharyanto, S., Imananda, A., & Sani, I.F. (2024). Eutrophication in Lake Batur: Current status and management strategies, *E3S Web of Conferences*. 485, 03013.
- Sundra, I. K., & Joni, M. (2015). Pengaruh Pertanian terhadap Penurunan Kualitas Air dan Mutu Perairan Danau Batur (Kecamatan Kintamani, Bali).
- Sutamihardja, R.T.M., Azizah, M., & Hardini, Y. (2018). Studi Dinamika Senyawa Fosfat dalam Kualitas Air Sungai Ciliwung Hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural*, 8(1), 43-49.
- Utomo, W.P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O.M., Naashihah, L.K., Nurfitriya, N., & Ullfindrayani, I.F. (2018). Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia*, 3 (1), 127-140.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology Lake and Reservoir Ecosystems*. Academic Press, San Diego.
- Wiryanata, I. W. G., & Owa, M. M. (2021). Studi Kasus Analisis Usahatani Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Desa Belandingan, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. *Dwijen AGRO*, 11 (2), halaman 57-65.
- Wiradana PA, Yudha IKW, Mukti AT. (2022). Mass tilapia (*Oreochromis mossambicus*) mortality in floating net cages at Batur Lake, Bangli Regency, Bali Province: a case report. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1036: 012068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1036/1/012068>.