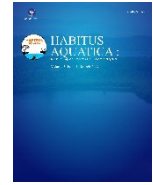




Habitus Aquatica

Journal homepage:

<http://journal.ipb.ac.id/index.php/habitusaquatica>



Kualitas air dan beban nitrogen di Waduk Jatigede *Water quality and nitrogen load in Jatigede Reservoir*

Asri Melani^{1*}, Aliati Iswantari², Dwi Yuni Wulandari², Niken Tunjung Murti Pratiwi²

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

Received 21 Mei 2024

Received in revised 18 Agustus 2024

Accepted 20 Agustus 2024

ABSTRAK

Waduk Jatigede yang berdekatan dengan daerah pemukiman dan kegiatan pertanian berpotensi menerima buangan limbah, yang diduga juga mengandung bahan pencemar nitrogen. Peningkatan kandungan nitrogen secara kontinyu dapat memberikan dampak buruk, seperti penurunan kualitas air dan terjadinya eutrofikasi. Analisis daya tampung beban nitrogen di Waduk Jatigede, Jawa Barat ini dilakukan berdasarkan data primer yang dikumpulkan. Pengambilan contoh air dan pengumpulan data perairan Waduk Jatigede dilakukan terhadap enam stasiun pengamatan dan dua sungai utama *inlet* Waduk Jatigede. Selanjutnya dilakukan penentuan beban nitrogen dari sungai (*inlet*) dan dalam waduk, sedimentasi nitrogen, serta daya tampung beban nitrogen. Beban nitrogen di Waduk Jatigede sebesar 24.374 ton telah melebihi batas maksimum menurut baku mutu perairan, sebesar 1.739 ton. Sementara, daya tampung beban nitrogen maksimal sesuai dengan baku mutu perairan di Waduk Jatigede adalah sebesar 595 ton. tahun⁻¹. Dapat disimpulkan bahwa Waduk Jatigede sudah tidak mampu lagi menampung beban nitrogen yang masuk.

Kata kunci: *beban nitrogen, daya tampung beban nitrogen, Waduk Jatigede*

ABSTRACT

Jatigede Reservoir adjacent to residential areas and agricultural activities has the potential to receive waste discharge, which is thought to also contain nitrogen pollutants. Continuous increase in nitrogen content can have adverse effects, such as decreased water quality and eutrophication. The analysis of nitrogen load carrying capacity in Jatigede Reservoir, West Java was carried out based on primary data collected. Water sampling and water data collection of Jatigede Reservoir were carried out on six observation stations and two main rivers inlet of Jatigede Reservoir. Furthermore, nitrogen load determination is carried out from rivers (inlets) and in reservoirs, nitrogen sedimentation, and nitrogen load carrying capacity. The nitrogen load in Jatigede Reservoir of 24,374 tons has exceeded the maximum limit according to water quality standards, amounting to 1,739 tons. Meanwhile, the maximum nitrogen load capacity in accordance with water quality standards in Jatigede Reservoir is 595 tons. year⁻¹. It can be concluded that the Jatigede Reservoir is no longer able to accommodate the incoming nitrogen load.

Keywords: *nitrogen load, nitrogen load capacity, Jatigede Reservoir*

*Corresponding author
mail address: asmelan@apps.ipb.ac.id



1. Pendahuluan

Pembangunan Waduk Jatigede berada di wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung yang dikelilingi oleh lima kecamatan dan 26 desa (Susanto dan Sukadwilinda 2016). Waduk ini dibangun dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi seluas 90.000 Ha, memenuhi kebutuhan air baku sebesar 3.500 L s^{-1} untuk wilayah Kabupaten Cirebon dan Indramayu, pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan kapasitas 110 MW, dan pengendali banjir (Pradwipa *et al.* 2019). Waduk Jatigede terletak dekat dengan daerah pemukiman dan kegiatan pertanian. Kegiatan pertanian dan pemukiman dapat menghasilkan buangan limbah yang mengandung senyawa nitrogen, sehingga dapat memengaruhi kualitas perairan Waduk Jatigede. Selain itu, Waduk Jatigede juga dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan, seperti perikanan alami dan perikanan budidaya menggunakan keramba jaring apung (KJA) yang dapat menyumbang limbah nitrogen. Limbah nitrogen dari KJA dapat berasal dari sisa pakan dan sisa metabolisme ikan, seperti urin dan feses (Price dan Morris 2013).

Nitrogen adalah salah satu nutrisi yang menjadi pembatas pertumbuhan fitoplankton di perairan (Suthers dan Rissik 2008). Nitrogen anorganik terdiri dari nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) (Chester 1990). Nitrogen organik terdiri dari protein, polipeptida, asam amino, dan urea yang akan diurai oleh bakteri menjadi senyawa anorganik atau mengendap ke dasar perairan, sehingga dapat meningkatkan konsentrasi nitrogen di perairan waduk. Hal tersebut dapat berdampak buruk, seperti menurunnya kualitas air dan memicu terjadinya eutrofikasi. Oleh karena itu, penentuan daya tampung beban nitrogen perlu dilakukan sehingga diketahui batas kemampuan perairan waduk dalam menerima masukan beban nitrogen.

Penentuan daya tampung beban nitrogen dilakukan dengan mengacu pada baku mutu perairan yang telah tercantum dalam Permen LH No. 28 Tahun 2009. Penentuan daya tampung

beban nitrogen dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti hidromorfologi waduk, parameter kualitas air, baku mutu perairan, dan alokasi beban nitrogen dari berbagai sumber jenis limbah yang masuk ke dalam waduk, seperti masukan limbah dari sungai, limbah domestik, limbah pertanian, dan limbah kegiatan di waduk.

Kajian mengenai daya tampung beban nitrogen di Waduk Jatigede belum pernah dilakukan, mengingat penggenangan sempurna Waduk Jatigede baru berjalan selama 5 tahun. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan daya tampung nitrogen di perairan Waduk Jatigede. Informasi daya tampung beban nitrogen dapat digunakan sebagai informasi ilmiah dan acuan dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan Waduk Jatigede yang berkelanjutan.

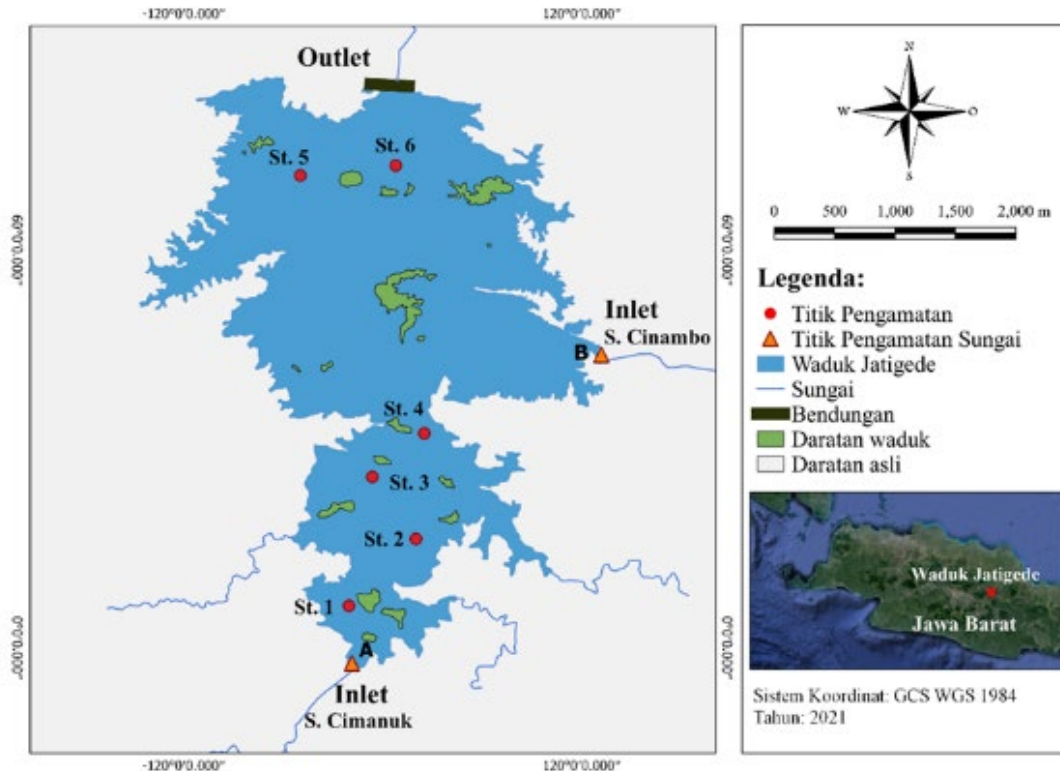
2. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian di perairan Waduk Jatigede, Jawa Barat, yang meliputi pengamatan dan pengambilan contoh, dilakukan pada bulan Februari dan April 2021, sebanyak satu kali pada setiap bulan. Pengambilan contoh air dilakukan di enam stasiun pengamatan yang mewakili tiga zona waduk, yaitu Stasiun 1 dan 2 (zona *riverine*), Stasiun 3 dan 4 (zona transisi), serta Stasiun 5 dan 6 (zona lakustrin). Di samping itu, pengambilan contoh air juga dilakukan di dua sungai utama *inlet* waduk, yaitu Sungai Cimanuk dan Sungai Cinambo. Lokasi stasiun pengambilan contoh disajikan pada Gambar 1.

2.2. Pengumpulan Data

Pengukuran secara *in situ* yang dilakukan meliputi kedalaman, suhu, pH, kecerahan, kekeruhan, oksigen terlarut (DO), padatan terlarut (TDS), dan arus. Parameter yang diukur di laboratorium meliputi nitrogen total (TN), amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan padatan tersuspensi (TSS). Data sekunder yang digunakan berupa data curah hujan bulanan (mm) pada tahun 2020-2021 dari Stasiun



Gambar 1. Stasiun pengambilan contoh air di Waduk Jatigede, Sumedang, Jawa Barat.

Kertajati, Jawa Barat melalui website BMKG di laman <http://dataonline.bmkg.go.id.data>. Data morfologi, hidrologi waduk, area genangan, serta debit air keluar Waduk Jatigede diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung tahun 2020-2021.

Pengambilan contoh air dilakukan pada dua titik di kedalaman yang mewakili lapisan epilimnion dan satu titik di lapisan hipolimnion di enam stasiun pengamatan. Kedalaman epilimnion pertama berada di titik sekitar 1 m dari permukaan waduk; kedalaman kedua berada sekitar 2,30-3,73 m dari permukaan waduk; dan kedalaman ketiga berada sekitar 10-46 m dari permukaan waduk. Keberadaan lapisan kolom perairan ditentukan berdasarkan kondisi suhu air secara vertikal. Lapisan epilimnion berada di permukaan yang ditandai dengan suhu yang hangat (suhu di permukaan dan suhu di kedalaman *secchi*). Lapisan hipolimnion ditandai dengan suhu rendah yang cenderung stabil dan relatif sama (penurunan suhu kurang

dari 1°C, yaitu suhu di kedalaman kompensasi dan suhu di bawah kedalaman kompensasi).

2.3. Analisis Data

Dari 11 sungai yang menjadi *inlet* Waduk Jatigede, terdapat dua sungai utama yang berpengaruh besar terhadap masukan air ke Waduk Jatigede, yaitu Sungai Cimanuk dan Sungai Cinambo (BBWS Cimanuk-Cisanggarug 2020). Beban nitrogen (ton.bulan⁻¹) dari kedua sungai dihitung berdasarkan perkalian antara debit air sungai (m³.s⁻¹), konsentrasi nitrogen (mg.m⁻³), dan interval waktu pengamatan (bulan) (Jørgensen dan Vollenweider 1988). Debit air sungai yang dimaksud, dihitung berdasarkan perkalian antara kecepatan aliran sungai (m.s⁻¹) dan luas penampang basah alur sungai (m²) (Gordon *et al.* 1992). Kecepatan aliran tersebut diukur secara in situ dan luas penampang basah air sungai diperoleh dari hasil digitasi citra satelit *Google Earth*.

Penghitungan beban nitrogen dalam satuan ton.bulan-1 didapatkan dari faktor konversi berdasarkan pendekatan Pello *et al.* (2014) dari satuan waktu bulan ke detik, dan satuan bobot ton ke gram sebagai berikut.

$$\Delta t = 10^{-6} \times 3.600 \times 24 \times 30 = \frac{2.592.000}{1.000.000}$$

Keterangan:

2.592.000 = faktor konversi dari bulan ke detik

1.000.000 = faktor konversi dari ton ke gram

Pendugaan beban nitrogen dalam waduk dilakukan menggunakan pendekatan berbasis volume, dengan menjumlahkan hasil perkalian antara volume setiap strata kedalaman (m³) dan konsentrasi rata-rata nitrogen dalam setiap strata (mg.m⁻³) (Jørgensen dan Vollenweider 1988).

Selanjutnya, sedimentasi nitrogen selama periode pengamatan dihitung menggunakan pendekatan kesetimbangan massa menurut Jørgensen dan Vollenweider (1989). Dalam hal ini, nilai sedimentasi nitrogen (kg) diperoleh dari pengurangan nilai beban nitrogen dalam waduk (kg) dengan beban nitrogen yang keluar dari aliran keluar (*outflow loss*) (kg), dan *storage change* (diasumsikan nol) selama periode pengamatan (Jørgensen dan Vollenweider 1989).

Beban nitrogen yang keluar melalui aliran keluar (*outflow loss*) (kg) dihitung berdasarkan perkalian antara konsentrasi rata-rata nitrogen (mg.L⁻¹) di stasiun yang berada dekat dengan *outlet* (Stasiun 6) dan debit air keluar (m³.s⁻¹) (Jørgensen dan Vollenweider 1988).

Berikutnya, penentuan daya tampung beban nitrogen yang mengacu pada Permen LH No. 28 Tahun 2009, memerlukan data dasar, seperti morfologi dan hidrologi waduk. Informasi tersebut diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung tahun 2020-2021. Morfologi waduk terdiri dari luas perairan (Ha), volume perairan (juta m³), dan kedalaman rata-rata (m). Kedalaman rata-rata waduk dihitung berdasarkan hasil pembagian nilai volume dengan luas rata-rata.

Hidrologi waduk terdiri dari debit air keluar dari waduk (juta m³.tahun⁻¹) dan laju pergantian air waduk (satu kali dalam setahun). Laju pergantian air waduk dihitung berdasarkan pembagian antara debit air keluar dari waduk dan volume air waduk.

Penentuan daya tampung beban nitrogen dilakukan berdasarkan modifikasi rumus dari rumus asli pada Permen LH Nomor 28 (2009), untuk memudahkan perhitungan. Modifikasi tersebut berupa penentuan daya tampung dengan parameter nitrogen sudah dalam bentuk beban, bukan lagi konsentrasi. Beban nitrogen diperoleh dari hasil perkalian konsentrasi nitrogen terukur dengan volume perairan. Nilai retensi (R) yang tertera pada Permen LH Nomor 28 (2009), sesungguhnya hanya dapat digunakan untuk parameter fosfor. Oleh karena itu, untuk nilai retensi nitrogen digunakan model *nitrogen retention in reservoirs and lakes* (NiRRaLa) menurut Harrison *et al.* (2009). Selanjutnya, beban nitrogen limbah kegiatan pada perairan waduk diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan rumus Permen LH Nomor 28 (2009).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Waduk Jatigede merupakan sumber air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), yang masih dalam tahap pembangunan ketika penelitian berlangsung. Namun, waduk ini juga dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian dan untuk kegiatan perikanan. Waduk Jatigede memiliki luas permukaan sebesar 4.122 Ha, volume total 980 Juta m³, kedalaman rata-rata 23,77 m, laju pergantian air 0,13 kali dalam setahun, serta debit air keluar 123,69 juta m³ tahun⁻¹ (Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung (2020)).

Dibangunnya Waduk Jatigede memunculkan terjadinya perubahan profesi masyarakat, dari petani menjadi nelayan dan pelaku budidaya ikan menggunakan karamba jaring apung (KJA) (Nurhayati *et al.* 2020). Kegiatan perikanan tangkap di Waduk Jatigede didominasi oleh

Tabel 1. Karakteristik umum, kualitas air, dan keberadaan nitrogen di perairan Waduk Jatigede.

Parameter	Satuan	Perairan Danau		Sungai	
		Epilimnion	Hipolimnion	Cimanuk	Cinambo
Fisika					
Kedalaman/ Interval lapisan	m	0–4	Oct–46	4–4,5	3–6
Suhu air	°C	27,15–30,55	25,00–27,30	27,8–29,8	28,8–30,9
Kekeruhan	NTU	3,37–8,27	1,32–316,00	75,5–196	4,57–9,1
Padatan tersuspensi (TSS)	mg.L ⁻¹	<8,00–11,50	<8,00–119,00	-	-
Padatan terlarut (TDS)	ppm	109,20–138,50	104,90–171,00	103–149	115,5–137
Kimia					
pH	-	7,87–9,32	6,87–8,44	7,66–8,60	7,86–8,88
Oksigen terlarut (DO)	mg.L ⁻¹	3,85–7,35	0,30–4,20	5,60–7,70	5,80–6,70
COD	mg.L ⁻¹	22,43–64,89	15,21–44,63	-	-
Amonia	mg.L ⁻¹	0,3090–0,4675	0,1790–0,5157	0,01–0,69	0,33–0,64
Nitrit	mg.L ⁻¹	0,0040–0,0063	0,0040–0,0440	0,005–0,035	<0,005–0,049
Nitrat	mg.L ⁻¹	0,1548–0,2017	0,3253–0,7320	0,50–0,95	0,11–0,22
Nitrogen Total	mg.L ⁻¹	24,9137–27,4630	26,1697–27,3457	23,43–31,86	23,25–26,55

nelayan kecil atau tradisional dengan alat tangkap berupa jaring lempar, jaring lempar, pancing, dan bagan (Nurhayati *et al.* 2020). Jenis ikan tangkapan utama berupa ikan lalawak (*Barbodes balleroides*), nila (*Oreochromis niloticus*), dan hampala (*Hampala macrolepidota*) (Andani *et al.* 2017), serta ikan sampingan berupa ikan sapu-sapu (*Acanthicus hystrix*), red devil (*Amphilophus labiatus*), mas (*Cyprinus carpio*), ikan baung (*Hemibagrus nemurus*), ikan boboso (*Oxyeleotris marmorata*), ikan patin (*Pangasius pangasius*), dan ikan jaguar (*Parachromis managuensis*).

Pada dasarnya, kegiatan perikanan yang diperbolehkan di Waduk Jatigede hanya perikanan tangkap. Hal ini sesuai dengan Peraturan Daerah No. 4 Tahun 2018, yang melarang adanya kegiatan budidaya menggunakan KJA dan sejenisnya, karena dapat merusak kualitas perairan waduk. Namun, fakta di lapang menunjukkan masih terdapat budidaya ikan menggunakan KJA yang oleh masyarakat dianggap lebih menunjang perekonomian (Nurhayati *et al.* 2020). Informasi yang diperoleh dari BBWS (2021), total jumlah KJA di Waduk Jatigede mencapai 139 unit blok KJA. Satu blok KJA terdiri dari 10 kolam KJA, dengan luas sebesar 64 m²/kolam.

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan (Tabel 1), menunjukkan bahwa kualitas air yang masih dalam rentang normal. Rentang suhu masih optimum (Asriyana dan Yuliana 2012). TSS dan kekeruhan yang relatif tinggi (Gin *et al.* 2011). Secara umum, kualitas air Waduk Jatigede masih memenuhi standar baku mutu air kelas III dan IV menurut PPRI No. 22 Tahun 2021.

Batas konsentrasi amonia total dalam perairan seharusnya kurang dari 0,1 mg.L⁻¹ (McNeely *et al.* 1979). Hal ini menunjukkan kadar amonia total di perairan Waduk Jatigede cenderung tinggi. Konsentrasi rata-rata amonia total di kedua lapisan pada Stasiun 5 dan 6 cenderung lebih tinggi dibandingkan pada Stasiun 1-4. Hal ini diduga terjadi karena ketersediaan oksigen di Stasiun 5 dan 6 kurang mencukupi untuk proses oksidasi amonia menjadi nitrat dan nitrit (nitrifikasi).

Konsentrasi rata-rata nitrit di Waduk Jatigede relatif rendah. Menurut Novotny dan Olem (1994), kadar nitrit dalam perairan umumnya sangat rendah karena bersifat tidak stabil dengan adanya oksigen terlarut. Keberadaan nitrit di Stasiun 1 dan 2 cenderung lebih tinggi dibandingkan pada Stasiun 3-6. Hal ini diduga terjadi karena Stasiun 1 dan 2 termasuk pada

zona *riverine* yang menerima nutrien tinggi dari sungai.

Menurut Davis dan Cornwell (1991), kadar nitrat di perairan umumnya tidak lebih dari 0,1 mg L⁻¹. Hal tersebut menunjukkan menunjukkan bahwa nitrat di perairan Waduk Jatigede juga cenderung tinggi, bahkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Aurelia *et al.* (2021), yang berkisar antara 0,0070–0,0440 mg L⁻¹. Konsentrasi rata-rata nitrat pada Stasiun 5 dan 6 cenderung lebih rendah dibandingkan pada Stasiun 1–4. Hal tersebut diduga terjadi karena Stasiun 5 dan 6 termasuk pada zona *lacustrine* dengan karakteristik nutrien yang rendah.

Nitrogen total merupakan salah satu parameter utama yang digunakan dalam penentuan beban nitrogen dan daya tampung beban nitrogen. Konsentrasi nitrogen total di kedua lapisan pada enam stasiun pengamatan tidak terlalu berbeda jauh. Hal ini didukung oleh hasil uji ANOVA dua arah dengan selang kepercayaan (SK) 95%, yang menunjukkan nilai *P-value* lebih dari 0,05. Hal ini menandakan bahwa konsentrasi nitrogen total di kedua lapisan pada enam stasiun pengamatan tidak berbeda nyata. Secara keseluruhan, konsentrasi nitrogen total di Waduk Jatigede sudah melewati batas baku mutu air kelas III, yaitu 1,90 mg L⁻¹ (PPRI No. 22 Tahun 2021). Penentuan berbagai nilai beban nitrogen di Waduk Jatigede disajikan dalam Tabel 2.

Beban nitrogen dari sungai (*inlet*) diduga dari dua sungai pasokan utama air ke Waduk Jatigede, yaitu Sungai Cimanuk dan Sungai Cinambo. Beban nitrogen dari sungai tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas antropogenik di sekitar waduk, seperti kegiatan pertanian, peternakan, dan permukiman. Hasil perhitungan beban nitrogen menunjukkan bahwa beban total nitrogen dari dua sungai utama di Waduk Jatigede adalah 8.219 ton.bulan⁻¹. Beban nitrogen dari sungai sangat dipengaruhi oleh besaran debit air Sungai Cinambo yang lebih besar. Menurut Inayati dan Farid (2020), semakin besar debit sungai, semakin besar nilai beban pencemar yang masuk ke suatu perairan.

Penentuan beban nitrogen di Waduk Jatigede diestimasi pada lapisan epilimnion dan hipolimnion selama periode pengamatan. Hasil menunjukkan adanya peningkatan beban nitrogen pada periode awal (Februari) ke periode akhir (April) sebesar 9.742 ton. Hal ini diduga terjadi karena rendahnya curah hujan pada bulan April. Menurut Aisyah dan Nomosatryo (2016), curah hujan yang rendah menyebabkan volume air menurun sehingga kandungan nitrogen, baik dalam bentuk partikel maupun terlarut akan terakumulasi dan konsentrasinya meningkat. Beban nitrogen cenderung lebih tinggi pada lapisan hipolimnion daripada epilimnion. Hal ini dipengaruhi oleh volume air lapisan hipolimnion lebih besar dan adanya endapan partikel nitrogen organik yang tidak terurai.

Partikel nitrogen dalam perairan waduk berpotensi mengalami sedimentasi. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa sedimentasi nitrogen bernilai negatif. Menurut Jørgensen dan Vollenweider (1988), nilai negatif sedimentasi nitrogen dapat disebabkan oleh adanya beban internal dan kesetimbangan nitrifikasi-denitrifikasi selama periode pengamatan.

Daya tampung beban nitrogen dipengaruhi oleh hidromorfologi waduk serta alokasi beban nitrogen dalam waduk (Permen LH No. 28 Tahun 2009). Hasil penghitungan menunjukkan bahwa beban nitrogen maksimal sesuai baku mutu air kelas III menurut PPRI No. 22 Tahun 2021 adalah 1.739 ton, sedangkan beban nitrogen hasil pengukuran di Waduk Jatigede adalah 24.374 ton. Dengan demikian, beban nitrogen di Waduk Jatigede sudah sangat tinggi dan melampaui beban maksimal menurut baku mutu. Kelebihan beban nitrogen di Waduk Jatigede adalah sebesar 22.635 ton.

Beban nitrogen yang telah melampaui batas beban maksimal menurut baku mutu menyebabkan perairan Waduk Jatigede tidak sanggup lagi menampung beban nitrogen yang masuk. Meskipun demikian, daya tampung beban nitrogen masih dapat diduga berdasarkan nilai baku mutu perairan. Daya tampung beban nitrogen maksimal sesuai dengan baku mutu perairan untuk seluruh waduk adalah 595 ton N.tahun⁻¹. Hasil ini

diperoleh dari penjumlahan daya tampung beban nitrogen pada lapisan epilimnion dan hipolimnion.

Tabel 2. Penentuan berbagai nilai beban nitrogen

a. Penentuan beban nitrogen total dari dua sungai					
Sungai	Parameter				
	Debit air ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Konsentrasi nitrogen (mg L^{-1})		Beban nitrogen (ton bulan $^{-1}$)	
Cimanuk	44,61	28,53		3.299	
Cinambo	75,49	25,14		4.92	
Total beban nitrogen dari dua sungai utama <i>inlet</i> Waduk Jatigede				8.219	
b. Penentuan beban nitrogen di Waduk Jatigede					
Strata	Volume (10^6 m^3)	Konsentrasi nitrogen (mg.m^{-3})		Beban nitrogen (ton)	
		Februari	April	Februari	April
Epilimnion	187,20	22.973	33.559	4.301	6.282
Hipolimnion	728,00	23.373	34.033	17.015	24.776
Total		915,20		21.316	31.058
c. Penentuan sedimentasi nitrogen					
Komponen			Nitrogen total (ton)		
Beban nitrogen periode awal (Februari)			21.316		
Beban nitrogen tambahan dari sungai selama periode pengamatan			24.657		
Beban nitrogen yang hilang dari aliran keluar selama periode pengamatan (<i>outflow loss</i>)			27.176		
Beban nitrogen periode akhir			31.058		
Sedimentasi nitrogen			-12.261		
d. Penentuan alokasi beban nitrogen di Waduk Jatigede					
Alokasi beban nitrogen			Beban nitrogen (ton)		
Beban nitrogen maksimal sesuai baku mutu $[\text{TN}]_{\text{STD}}$ (Baku mutu air kelas III)			1.739		
Beban nitrogen hasil pengukuran $[\text{TN}]_i$			24.374		
Beban nitrogen limbah kegiatan di waduk $[\text{TN}]_d$			-22.635		
e. Daya tampung beban nitrogen menurut baku mutu					
Daya tampung beban N maksimal sesuai baku mutu seluruh waduk (L_a)			595 (ton N tahun $^{-1}$)		

Penentuan beban nitrogen di Waduk Jatigede diestimasi pada lapisan epilimnion dan hipolimnion selama periode pengamatan. Hasil menunjukkan adanya peningkatan beban nitrogen pada periode awal (Februari) ke periode akhir (April) sebesar 9.742 ton. Hal ini diduga terjadi

karena rendahnya curah hujan pada bulan April. Menurut Aisyah dan Nomosatryo (2016), curah hujan yang rendah menyebabkan volume air menurun sehingga kandungan nitrogen, baik dalam bentuk partikel maupun terlarut akan terakumulasi dan konsentrasinya meningkat.

Beban nitrogen cenderung lebih tinggi pada lapisan hipolimnion daripada epilimnion. Hal ini dipengaruhi oleh volume air lapisan hipolimnion lebih besar dan adanya endapan partikel nitrogen organik yang tidak terurai.

Partikel nitrogen dalam perairan waduk berpotensi mengalami sedimentasi. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa sedimentasi nitrogen bernilai negatif. Menurut Jørgensen dan Vollenweider (1988), nilai negatif sedimentasi nitrogen dapat disebabkan oleh adanya beban internal dan kesetimbangan nitrifikasi-denitrifikasi selama periode pengamatan.

Daya tampung beban nitrogen dipengaruhi oleh hidromorfologi waduk serta alokasi beban nitrogen dalam waduk (Permen LH No. 28 Tahun 2009). Hasil penghitungan menunjukkan bahwa beban nitrogen maksimal sesuai baku mutu air kelas III menurut PPRI No. 22 Tahun 2021 adalah 1.739 ton, sedangkan beban nitrogen hasil pengukuran di Waduk Jatigede adalah 24.374 ton. Dengan demikian, beban nitrogen di Waduk Jatigede sudah sangat tinggi dan melampaui beban maksimal menurut baku mutu. Kelebihan beban nitrogen di Waduk Jatigede adalah sebesar 22.635 ton.

Beban nitrogen yang telah melampaui batas beban maksimal menurut baku mutu menyebabkan perairan Waduk Jatigede tidak sanggup lagi menampung beban nitrogen yang masuk. Meskipun demikian, daya tampung beban nitrogen masih dapat diduga berdasarkan nilai baku mutu perairan. Daya tampung beban nitrogen maksimal sesuai dengan baku mutu perairan untuk seluruh waduk adalah 595 ton N.tahun⁻¹. Hasil ini diperoleh dari penjumlahan daya tampung beban nitrogen pada lapisan epilimnion dan hipolimnion.

3.2. Pembahasan

Nitrogen yang merupakan salah satu unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme akuatik, secara alami berasal dari hasil metabolisme organisme perairan dan dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri (Horne dan Goldman 1994). Senyawa nitrogen tersebut dapat ditemukan dalam bentuk organik dan anorganik. Nitrogen organik dapat berupa protein,

polipeptida, asam amino, dan urea yang akan diurai oleh bakteri menjadi senyawa anorganik atau mengendap dalam air. Senyawa nitrogen anorganik terdiri dari nitrit, nitrat, amonia, dan amonium. Sementara, nitrogen total merupakan gabungan dari senyawa nitrogen organik dan anorganik (Chester 1990).

Masukan nitrogen ke perairan Waduk Jatigede dapat berasal dari sungai, limbah KJA di perairan waduk, dan dari sedimen. Masukan nitrogen dari sungai Waduk Jatigede sangat dipengaruhi oleh limbah aktivitas antropogenik, seperti kegiatan pertanian, peternakan, dan rumah tangga. Hal ini dikarenakan daerah tangkapan air (DTA) di sekitar sungai *inlet* Waduk Jatigede didominasi oleh lahan pertanian dan permukiman. Menurut Szczykowska *et al.* (2015), suatu perairan dengan DTA yang didominasi oleh lahan pertanian dan permukiman cenderung memiliki kadar nitrogen yang tinggi.

Konsentrasi nitrogen total di perairan Waduk Jatigede relatif sangat tinggi jika dibandingkan dengan batas baku mutu air kelas III menurut PPRI No. 22 Tahun 2021. Kadar nitrogen total yang lebih dari 1,2 mg.L⁻¹ atau lebih dari 1,9 mg.L⁻¹ (Smith *et al.* 1999; KLH 2009) di perairan danau dan sejenisnya menunjukkan kondisi hipereutrof. Dengan demikian, Waduk Jatigede termasuk perairan yang sangat subur (hipereutrof). Konsentrasi nitrogen total di Waduk Jatigede tergolong sangat tinggi, jika dibandingkan dengan Waduk Cirata yang berkisar antara 0,04-3,29 mg.L⁻¹ (Pratiwi *et al.* 2020). Hal ini diduga terjadi karena tingginya masukan nitrogen dari sekitar Waduk Jatigede, limbah kegiatan KJA di Waduk Jatigede, dan adanya pelepasan nitrogen dari sedimen ke kolom air.

Konsentrasi nitrogen total selama pengamatan di dua sungai *inlet* juga cenderung tinggi, di Sungai Cimanuk sebesar 28,53 mg.L⁻¹ dan Sungai Cinambo sebesar 25,14 mg.L⁻¹. Konsentrasi nitrogen total ini mengalami peningkatan dari hasil penelitian sebelumnya oleh Warsa (2016), yang menunjukkan bahwa konsentrasi nitrogen total di Sungai Cimanuk berkisar antara 7,74-14,64 mg.L⁻¹ dan di Sungai Cinambo berkisar antara 6,49 - 12,00 mg.L⁻¹. Peningkatan konsentrasi nitrogen

total ini diduga terjadi karena adanya peningkatan penggunaan lahan pemukiman dan pertanian di sekitar Waduk. Menurut Zhou *et al.* (2012), peningkatan jumlah penduduk dan penggunaan lahan untuk pertanian yang menghasilkan buangan limbah dapat meningkatkan konsentrasi nutrisi.

Kegiatan pertanian menghasilkan limbah nitrogen yang berasal dari penggunaan pupuk (Bahri 2016), seperti pupuk urea (Suwarno 2009) yang mengandung nitrogen cukup tinggi (46%) menurut Saragih *et al.* (2013). Nitrogen dalam pupuk tersebut dapat masuk ke dalam badan perairan melalui sistem drainase (Fatmawati *et al.* 2012).

Sumber nitrogen juga dapat berasal dari buangan limbah domestik, seperti kakus, dapur, kamar mandi, serta tempat cuci pakaian dan peralatan rumah tangga (Nurmayanti 2002). Menurut Vinnerås (2001), feses manusia mengandung 10-20% N, sedangkan urin mengandung 15-19% N (Mara dan Cairncross 1994). Limbah domestik umumnya tidak diolah terlebih dahulu dan masuk ke badan air. Kandungan nitrogen total pada air limbah yang belum diolah berkisar antara 20-70 mg.L⁻¹, nitrogen anorganik berkisar antara 8-25 mg.L⁻¹, dan amonia antara 12-45 mg.L⁻¹ (Metcalf dan Eddy 2014). Kegiatan domestik di sekitar Waduk Jatigede relatif tinggi, hal ini ditunjukkan oleh banyaknya sampah di muara Sungai Cimanuk.

Masukan nitrogen ke Waduk Jatigede selama periode pengamatan juga diduga berasal dari limbah kegiatan KJA yang jumlahnya cukup tinggi. Menurut Heriyanto *et al.* (2018), kegiatan KJA menghasilkan limbah nitrogen dari sisa pakan dan sisa metabolisme ikan, seperti urin dan feses. Pakan ikan mengandung nitrogen berkisar antara 68-86% yang dilepaskan ke perairan dan sisanya dimakan oleh ikan liar (Price dan Morris 2013).

Sedimentasi nitrogen dapat bernilai positif atau negatif. Nilai positif menunjukkan adanya akumulasi di sedimen, sedangkan nilai negatif disebabkan karena adanya beban internal dan kesetimbangan nitrifikasi dan denitrifikasi (Jørgensen dan Vollenweider 1988). Sedimentasi nitrogen di Waduk Jatigede bernilai negatif. Hal

ini menunjukkan adanya beban internal dan kesetimbangan nitrifikasi dan denitrifikasi selama periode pengamatan.

Beban internal merupakan pembentukan nitrogen di dalam waduk yang berasal dari sisa pakan ikan dan sisa metabolisme ikan (Irianto *et al.* 2012). Selain itu, beban internal juga dapat berasal dari pelepasan nutrisi dari sedimen dasar ke kolom perairan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran (Yang *et al.* 2013). Hal ini menunjukkan bahwa nitrogen di dasar perairan Waduk Jatigede memiliki potensi untuk lepas ke kolom air. Lepasnya nitrogen dasar ke kolom perairan diduga terjadi akibat terjadinya hujan selama periode pengamatan. Tingginya curah hujan dapat memicu adanya pembalikan massa air, sehingga nitrogen dapat lepas ke kolom air sehingga terjadi peningkatan konsentrasi nitrogen dalam waduk.

Kesetimbangan nitrifikasi-denitrifikasi menurut Jørgensen dan Vollenweider (1988) menggambarkan bahwa jumlah nitrogen dalam perairan dapat berubah karena proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrat dan nitrit yang berlangsung secara optimum dalam kondisi perairan aerob dengan bantuan bakteri penitrifikasi, yaitu *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. Sementara, denitrifikasi merupakan proses reduksi nitrat menjadi nitrit, dinitrogen oksida (N₂O), dan molekul nitrogen (N₂) yang berlangsung secara optimum dalam kondisi perairan tidak ada oksigen (anoksik) (Goldman dan Horne 1983). Menurut Wetzel (2001), nitrogen juga berpotensi untuk menguap ke udara (volatil) atau masuk ke perairan melalui fiksasi oleh mikroorganisme.

Alokasi beban nitrogen di Waduk Jatigede sudah melampaui beban nitrogen maksimal menurut baku mutu air kelas III menurut PPRI No. 22 Tahun 2021. Hal ini menyebabkan perairan Waduk Jatigede tidak dapat lagi menampung beban nitrogen yang masuk. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi nitrogen yang masuk ke perairan Waduk Jatigede.

Upaya yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi sumber-sumber masukan

nitrogen ke dalam waduk, seperti kegiatan pertanian dan pemukiman di sekitar waduk dan kegiatan perikanan di dalam waduk. Potensi beban pencemaran nitrogen dari masing-masing kegiatan tersebut perlu dikaji lebih lanjut untuk mengontrol masukan nitrogen ke Waduk Jatigede. Selanjutnya, limbah nitrogen dari air limpasan (*runoff*) dapat diminimalisasi dengan cara penanaman vegetasi tinggi di sekitar daerah aliran sungai (DAS) Waduk Jatigede. Hasil penelitian Arfah dan Hidayat (2020) menunjukkan bahwa adanya vegetasi dapat menahan laju aliran permukaan dan erosi. Di sisi lain, limbah nitrogen yang berasal dari kegiatan perikanan budidaya KJA dapat diminimalisasi dengan cara penertiban KJA di Waduk Jatigede. Hal ini sesuai dengan Peraturan Daerah No.4 Tahun 2008 yang melarang pengoperasian KJA di Waduk Jatigede.

Daya tampung beban nitrogen diestimasi untuk mengetahui berapa besar kemampuan perairan waduk dalam menerima masukan beban nitrogen. Menurut Permen LH No.28 (2009), penentuan daya tampung perairan waduk dilakukan sebagai bagian dari tahap pengelolaan sebagai bagian dari masukan yang dapat dipertimbangkan dalam penetapan rencana tata ruang daerah tangkapan air waduk, pemberian izin kegiatan yang dapat memengaruhi kualitas air waduk, dan regulasi terkait pembuangan limbah ke perairan waduk.

4. Kesimpulan

Beban nitrogen di Waduk Jatigede sebesar 24.374 ton telah melampaui batas maksimum menurut baku mutu perairan sebesar 1.739 ton sehingga Waduk Jatigede sudah tidak mampu lagi menampung beban nitrogen.

Ucapan Terima Kasih

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung yang telah memberikan izin penelitian di Waduk Jatigede. Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung yang telah memberikan izin penelitian di Waduk Jatigede.

Daftar pustaka

[APHA]. 2017. *Standard Methods for The*

Examination of Water and Waste Water. Ed ke-23. Ohio (US): American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF).

Aisyah S, Nomosatryo S. 2016. Distribusi spasial dan temporal nutrien di Danau Tempe, Sulawesi Selatan. *Oseanologi dan Limnol.* 1(2):31–45. <http://jurnal-oldi.or.id/index.php/oldi/article/view/19/30>.

Anas P, Jubaedah I, Sudino D. 2017. Kualitas air dan beban limbah karamba jaring apung di Waduk Jatiluhur Jawa Barat. *J Penyul Perikan dan Kelaut.* 11(1):35–47. doi:10.33378/jppik.v11i1.84.

Andani A, Herawati T, Zahidah, Hamdani H. 2017. Identifikasi dan inventarisasi ikan yang dapat beradaptasi di Waduk Jatigede pada tahap inundasi awal. *J Perikan dan Kelaut.* 8(2):28–35.

Ardhitama A, Sholihah R. 2014. Kajian penentuan awal musim di daerah non ZOM 14 Riau dengan menggunakan data curah hujan dan hari hujan. *J Sains Teknol Modif Cuaca.* 15(2):65–73. doi:10.29122/jstm.v15i2.2672.

Arfah M, Hidayat R. 2020. Pengaruh vegetasi dalam mereduksi laju limpasan permukaan pada tebing (Penelitian laboratorium) [skripsi]. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.

Asriyana, Yuliana. 2012. *Produktivitas Perairan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Aurelia R, Hasan Z, Gumilar I. 2021. Composition and distribution of phytoplankton in Jatigede reservoir. *Int J Fish Aquat Stud.* 9(5):39–44.

[BBWS] Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung. Kajian Pemantauan Keramba Jaring Apung. Sumedang. 2021.

[BBWS] Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung. Kajian Pemantauan Operasi dan Pemeliharaan Waduk Jatigede Tahun

- ke-IV. Sumedang. 2020.
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2020. *Data Online Pus Data base-BMKG, Stasiun Kertajati, Kabupaten Majalengka*.
- Bahri S. 2016. Identifikasi sumber pencemar Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada pertumbuhan melimpah tumbuhan air di Danau Tempe, Sulawesi Selatan. *J Sumber Daya Air*. 12(2):159–174. doi:10.32679/jsda.v12i2.63.
- Chester R. 1990. *Marine Geochemistry*. London (UK): Unwin Hyman Ltd.
- Davis ML, Cornwell DA. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Ed ke-2nd ed. New York (NY): McGraw-Hill Inc.
- Fatmawati R, Masrevaniah A, Solichin M. 2012. Kajian identifikasi daya tampung beban pencemaran Kali Ngrowo dengan menggunakan paket program QUAL2Kw. *J Tek Pengair*. 3(2):122–131.
- Gin KY, Ramaswamy U, Gopalakrishnan AP. 2011. Comparison of nutrient limitation in freshwater and estuarine reservoirs in tropical urban Singapore. *J Environ Eng*. 137:913–919. doi:10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000397.
- Goldman CR, Horne AJ. 1983. *Limnology*. New York (NY): McGraw Hill Book Company.
- Gordon N, Mahon T, Finlason B. 1992. *Stream Hydrology and Introduction for Ecologists*. England.
- Green L, Addy K, Sanbe N. 1996. Measuring water clarity. *Nat Resour Facts*. 96(1):1–4.
- Harrison JA, Maranger RJ, Alexander RB, Giblin AE, Jacinthe PA, Mayorga E, Seitzinger SP, Sobota DJ, Wollheim WM. 2009. The regional and global significance of nitrogen removal in lakes and reservoirs. *Biogeochemistry*. 93:143–157. doi:10.1007/s10533-008-9272-x.
- Heriyanto H, Hasan Z, Yustiati A, Nurruhwati I. 2018. Dampak budidaya keramba Jaring Apung terhadap produktivitas primer di perairan Waduk Darma Kabupaten Kuningan Jawa Barat. *J Perikan dan Kelaut*. 9(2):27–33.
- Horne AJ, Goldman CR. 1994. *Limnology*. 2nd ed. New York (NY): McGraw-Hill Inc.
- Inayati W, Farid A. 2020. Analisis beban masuk nutrisi terhadap kelimpahan klorofil-a saat pagi hari di Sungai Bancaran Kabupaten Bangkalan. *J Ilm Kelaut dan Perikan*. 1(3):406–416.
- Irianto EW, Triweko R, Yudianto D. 2012. Estimasi dinamik jangka panjang terhadap kualitas air untuk pengendalian eutrofikasi pada Waduk Jatiluhur. *J Tek Hidraul*. 3(1):1–16.
- Istijanto. 2006. *Riset Sumber Daya Manusia Cara Praktis Mendeteksi Dimensidimensi Karyawan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Jørgensen S, Vollenweider R. 1988. *Principles of Lake Management, Guidelines of Lake Management Vol. 1*. International Lake Environment Committee (ILEC), United Nations Environment Programme (UNEP).
- Mara D, Cairncross S. 1994. *Pemanfaatan Air Limbah dan Ekskreta: Patokan untuk Perlindungan Kesehatan Masyarakat*. Bandung: Universitas Udayana dan ITB.
- Maslukah L, Wulandari SY, Budi Prasetyawan I. 2017. Konsentrasi klorofil-a dan keterkaitannya dengan nutrisi N, P di perairan Jepara: studi perbandingan perairan Muara Sungai Wisu dan Serang. *J Kelaut Trop*. 20(2):72–77. doi:10.14710/jkt.v20i2.1697.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2013. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Bogor: IPB Press.
- McNeely RN, Nelmanis VP, Dwyer L. 1979. *Water Quality Source Book, a Guide to*

- Water Quality Parameter*. Canada: Ottawa: Environmental Canada, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch.
- Metcalf, Eddy. 2014. *Wastewater Engineering : Treatment and Resource Recovery*. 5th ed. New York (NY): McGraw-Hill Education.
- Novotny V, Olem H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. New York (NY): Van Nostrand Reinhold.
- Nurhayati A, Herawati T, Lili W, Yustiati A, Matindas IN. 2020. Kajian nilai sosial ekonomi dan lingkungan sumberdaya perikanan tangkap di Waduk Jatigede Kabupaten Sumedang Provinsi Jawa Barat. *J Penyul*. 16(1):122–133. doi:10.25015/16202025262.
- Nurmayanti. 2002. Kontribusi limbah domestik terhadap kualitas air Kaligarang Semarang [tesis]. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [Perda] Peraturan Daerah Kabupaten Sumedang Nomor 4 Tahun 2018 Tentang Rencana tata Ruang Wilayah Kabupaten Sumedang Tahun 2018-2038. 2018.
- [Permen] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 Tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau Dan/Atau Waduk. 2009.
- [PPRI] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021.
- Pello FS, Adiwilaga EM, Damar NVHA. 2014. Pengaruh musim terhadap beban masukan nutrisi di Teluk Ambon dalam (effect of seasonal on nutrient load input the inner ambon bay). 14(1):63–73.
- Pertiwi D, Nugraha WD, Sarminingsih A. 2017. Status trofik dan daya tampung beban pencemaran Waduk Jatibarang Semarang. *J Tek Lingkung*. 6(3):1–9.
- Pradwipa DP, Jayadi R, Istiarto. 2019. Kajian pemanfaatan sumberdaya air waduk serbaguna Jatigede, Jawa Barat. *Renov Rekayasa Dan Inov Tek Sipil*. 4(2):10–21.
- Pratiwi NTM, Hariyadi S, Soegesty NB, Wulandari DY. 2020. Penentuan status trofik melalui beberapa pendekatan (Studi kasus: Waduk Cirata). *J Biol Indones*. 16(1):89–98.
- Price CS, Morris JA. 2013. *Marine Cage Culture and The Environment: Twenty-First Century Science Informing a Sustainable Industry*. Privers Inland: NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS.
- Samudra SR, Soeprbowati TR, Izzati M. 2013. Komposisi, kemelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang. *Bioma*. 15(1):6–13. doi:10.14710/bioma.15.1.6-13.
- Setyawan F, Fikri AA, Nur A. 2017. Telemetry flowmeter menggunakan RF modul 433MHZ BERBASIS ARDUINO berbasis arduino. *J Electr Electron Eng*. 1(1):8–14.
- Smith V, Tilman G, Nekola J. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ Pollut*. 100:179–196.
- Soares MCS, Marinho MM, Huszar VLM, Branco CWC, Azevedo SMFO. 2008. The effects of water retention time and watershed features on the limnology of two tropical reservoirs in Brazil. *Lakes Reserv Res Manag*. 13:257–269. doi:10.1111/j.1440-1770.2008.00379.x.
- Subarma UN, Hutabarat S, Studi P, Sumberdaya M, Perikanan J, Diponegoro U, Jatigede W. 2014. Evaluasi kualitas air sebelum dan sesudah memasuki Waduk Jatigede, Sumedang. *Manag Aquat Resour J*. 3(4):132–140. doi:10.14710/marj.v3i4.7047.

- Susanto B, Sukadwilinda S. 2016. Analisis kelayakan finansial wisata air Waduk Jatigede Kabupaten Sumedang. *J Ris Akunt dan Keuang.* 4(1):867–872. doi:10.17509/jrak.v4i1.7707.
- Suthers IM, Rissik D. 2008. *Plankton: a Guide to Their Ecology and Monitoring For Water Quality.* Australia: CSIRO Publishing.
- Szczykowska J, Siemieniuk A, Wiater J. 2015. Agricultural pollution and water quality in small retention reservoir in Korycin. *J Ecol Eng.* 16(1):141–146. doi:10.12911/22998993/599.
- Vinnerås B. 2001. Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and wastewater. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Walpole RE. 1995. *Pengantar Statistika.* Jakarta: Gramedia.
- Warsa A. 2016. Model perencanaan pengelolaan dan optimalisasi waduk berbasis perikanan jaring apung dan perikanan alami (Studi kasus: Waduk Jatigede, Sumedang-Jawa Barat) [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Warsa A, Soewardi K, Hariyadi S. 2016. Struktur komunitas ikan dan tingkat trofik di wilayah genangan Waduk Jatigede Prainundasi, Kabupaten Sumedang-Jawa Barat. *BAWAL Widya Ris Perikan Tangkap.* 8(1):29. doi:10.15578/bawal.8.1.2016.29-36.
- Wetzel RG. 2001. *Lymnology.* 3th ed. Clifornia (USA): Academic Press.
- Yang L, Lei K, Yan W, Li Y. 2013. Internal loads of nutrients in Lake Chaohu of China: implications for lake eutrophication. *Int J Environ Res.* 7(4):1021–1028.
- Zhou T, Wu J, Peng S. 2012. Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: A case study of the Dongjiang River watershed, China. *Ecol Indic.* 23:166–175. doi:10.1016/j.ecolind.2012.03.013.