

Kajian Temporal Tingkat Pencemaran Lingkungan Perairan Waduk Cengklik Kabupaten Boyolali – Jawa Tengah

Nurul Ariyani^{1✉}, Nine Elissa Maharani², Fiqi Nurbaya³

^{1,2,3}Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Kesehatan, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Indonesia.

Informasi Artikel

Diterima 03-06-2024

Disetujui 13-09-2024

Diterbitkan 30-09-2024

Kata Kunci

Kualitas air, pencemaran, Waduk Cengklik

e-ISSN

2613-9219

Akreditasi Nasional

SINTA 4

Keyword

Cengklik Reservoir, pollution, water quality

Corresponding author

nurulariyani71@gmail.com

Abstrak

Latar belakang: Waduk Cengklik yang terdapat di Boyolali memiliki beragam manfaat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang ada di sekitarnya, termasuk untuk irigasi, perikanan, dan wisata. Pertumbuhan jumlah penduduk dan peningkatan aktivitas masyarakat menyebabkan kualitas air di Waduk Cengklik mengalami penurunan karena terkontaminasi zat pencemar terutama yang berasal dari limbah domestik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis secara temporal kualitas air di Waduk Cengklik pada musim hujan dan musim kemarau. **Metode:** Penelitian ini menggunakan desain penelitian survei, dengan variabel data kualitas air dan parameter uji yang terdiri atas parameter suhu, TDS, TSS, pH, DO, BOD, COD, fecal coliform, dan total coliform. Teknik analisis dalam penelitian menggunakan metode STORET untuk menentukan kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2002. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air di Waduk Cengklik pada musim hujan mengalami tingkat pencemaran berat dengan nilai STORET (-38), sedangkan pada musim kemarau, mengalami tingkat pencemaran sedang dengan nilai STORET (-24). **Kesimpulan:** Kondisi tersebut dipengaruhi oleh parameter-parameter seperti DO, BOD, COD, fecal coliform dan total coliform yang tidak memenuhi bahkan melebihi ambang batas baku mutu yang dipersyaratkan untuk kualitas air Kelas II, yaitu perairan yang dapat digunakan untuk sarana dan prasarana rekreasi air, aktivitas peternakan dan pertanian. Pengolahan limbah sebelum dibuang ke badan air perlu dilakukan untuk melindungi organisme perairan dan masyarakat yang memanfaatkannya.

Abstract

Background: The Cengklik Reservoir in Boyolali has various benefits to fulfill the needs of the surrounding communities. However, population growth and increased community activities have caused water quality in Cengklik Reservoir to decline due to contamination with pollutants, especially from domestic waste. The purpose of this study was to temporally analyze the water quality in Cengklik Reservoir during the rainy and dry seasons. **Methods:** This study used a survey design with variable water quality data and test parameters of temperature, TDS, TSS, pH, DO, BOD, COD, fecal coliform, and total coliform parameters. The analysis technique in the study used the STORET method to determine water quality based on Government Regulation No. 82 of 2002. **Results:** The results showed that the water quality in Cengklik Reservoir during the rainy season was heavily polluted with a STORET value of (-38), while during the dry season, it was moderately polluted with a STORET value of (-24). **Conclusion:** This is influenced by parameters such as DO, BOD, COD, fecal coliform, and total coliform that do not meet and even exceed the threshold of quality standards required for Class II water quality, namely waters that can be used for water recreation facilities and infrastructure, livestock activities and crops. Waste treatment before it is discharged into water bodies is necessary to protect aquatic organisms and the communities that rely on them.

PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk yang besar berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas manusia dalam berbagai bidang. Aktivitas penduduk yang mengalami peningkatan akan berdampak pada sumber daya air karena manusia memanfaatkan air untuk bermacam-macam keperluan, diantaranya yaitu untuk minum, irigasi pertanian, perikanan, industri, dan sarana transportasi[1]. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekosistem perairan memiliki peran yang sangat penting dalam menopang kehidupan manusia. Salah satu ekosistem perairan yang menunjang peran tersebut adalah waduk. Waduk merupakan suatu badan air yang sengaja dibuat oleh manusia dengan cara membendung sungai dengan tujuan agar dapat menyimpan air dan pemanfaatannya dapat dikontrol[2].

Waduk seringkali dikaitkan dengan keasriannya sehingga menjadikan citra waduk sebagai salah satu objek wisata. Pencitraan tersebut bukan hal yang salah, tapi pemanfaatan waduk lebih dari sekadar untuk destinasi wisata, diantaranya yaitu berfungsi sebagai sumber pasokan air bersih untuk keperluan domestik, sumber irigasi dan sumber daya hayati, sebagai lokasi budidaya seperti perikanan air tawar, memudahkan transportasi, serta untuk pengendalian banjir dan konservasi Daerah Aliran Sungai (DAS)[3]. Salah satu waduk yang memiliki beragam manfaat tersebut adalah Waduk Cengklik.

Pemanfaatan waduk tersebut mengalami degradasi seiring berjalannya waktu. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya kepedulian dan profesionalitas dalam proses pengeloannya. Bahkan saat ini di beberapa daerah di Indonesia, kondisi waduknya mengalami penurunan kualitas dan kuantitas yang disebabkan oleh bermacam-macam faktor, diantaranya yaitu penggundulan hutan dan perubahan fungsi lahan di daerah tangkapan air. Aktivitas tersebut akan menyebabkan erosi dan sedimentasi. Sedimentasi akan mempercepat proses pendangkalan waduk, mengakibatkan penurunan kualitas air dan kerusakan habitat, serta penurunan kapasitas cadangan air[4].

Waduk Cengklik di Boyolali juga mengalami dinamika perkembangan wilayah sehingga aspek lingkungan hidup seringkali tidak menjadi prioritas utama yang dipertimbangkan. Dinamika tersebut terlihat dari pemanfaatan kawasan di batas dalam garis sempadan Waduk Cengklik telah banyak dimanfaatkan untuk bermacam-macam kepentingan sosial dan ekonomi [5]. Hal tersebut diketahui dari dominannya penggunaan lahan untuk permukiman yang mencapai 60,78%. Penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman diprediksi dapat memperbesar beban pencemaran di Waduk Cengklik [6].

Pencemaran merupakan suatu kondisi yang menunjukkan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan berdampak pada pemanfaatannya yang tidak optimal [7,8]. Kondisi tersebut juga dapat terjadi di lingkungan perairan waduk. Kualitas air waduk yang tercemar dapat berasal dari adanya bahan pencemar yang bersumber dari pembuangan

limbah domestik, limbah industri di kawasan sekitar waduk, limbah rumah sakit, limbah warung makan di kawasan wisata waduk, limbah pakan ikan maupun dari limbah pertanian di persawahan sekitar waduk [9].

Terjadinya pencemaran limbah di Waduk Cengklik yang berakibat pada penurunan kualitas air dapat berasal dari dalam maupun dari luar kawasan waduk. Limbah dari dalam waduk misalnya berasal dari pakan ikan yang menerapkan sistem KJA (Keramba Jaring Apung), sedangkan limbah dari luar waduk berasal dari limbah pupuk pertanian, limbah domestik, limbah industri, serta limbah kiriman dari aliran hulu DAS [6]. Kondisi tersebut akan semakin merugikan masyarakat apabila terjadi fenomena alam yang memperparah kerugian akibat pencemaran lingkungan. Seperti halnya peristiwa yang terjadi pada Maret 2024 ketika ribuan ikan nila yang siap dipanen mati mendadak akibat cuaca ekstrim dan terkena fenomena upwelling. Fenomena upwelling atau naiknya massa air waduk ke permukaan mengakibatkan terangkatnya bahan-bahan beracun sisa pakan sehingga berdampak buruk pada kesehatan ikan [10].

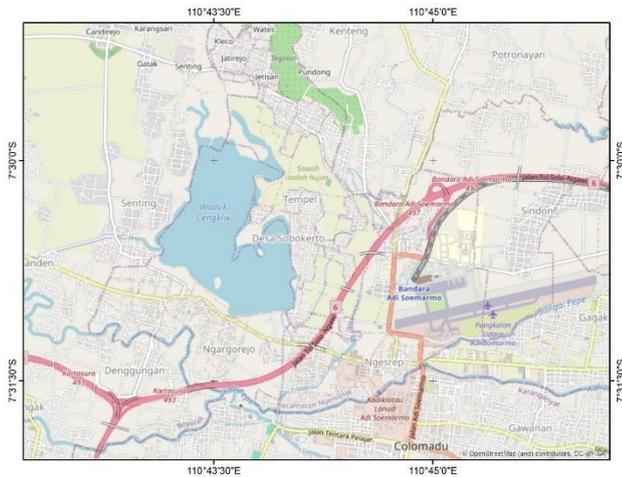
Banyaknya unsur hara yang masuk di wilayah perairan Waduk Cengklik juga dapat berakibat pada fenomena eutrofikasi, yaitu peningkatan kandungan nitrogen dan fosfor pada ekosistem perairan yang ditandai oleh peningkatan kelimpahan spesies alga dan makrofita akuatik [11]. Salah satu spesies akuatik yang banyak tumbuh di perairan Waduk Cengklik adalah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) [6]. Keberlimpahan Eceng Gondok di suatu lingkungan perairan menjadi salah satu indikator bahwa lingkungan tersebut tercemar. Berdasarkan kondisi pencemaran yang dapat membawa dampak buruk pada degradasi kualitas air maupun kelangsungan hidup biota perairan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis secara temporal kualitas air di Waduk Cengklik pada musim hujan dan musim kemarau tahun 2023 dengan menggunakan Metode STORET (*Storage and Retrieval of Water Quality System Data*). Metode tersebut dapat digunakan untuk membandingkan data kualitas air pada kedua musim dengan baku mutu air untuk menentukan status perairan.

METODE

Lokasi penelitian ini adalah di Waduk Cengklik. Secara administratif, Waduk Cengklik berlokasi di Desa Ngargorejo, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah (Gambar 1), sedangkan secara astronomis Waduk Cengklik terletak antara 110° 22' BT - 110° 50' BT dan 7° 36' LS - 7° 71' LS dengan elevasi berkisar antara 100 - 1500 m dari permukaan laut. Penelitian ini menerapkan desain survei, dengan variabel data kualitas air dan parameter uji yang terdiri atas parameter fisika, kimia, dan biologi. Masing-masing parameter uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Penelitian ini menggunakan data *time series* yaitu data pengukuran secara kontinyu pada setiap bulan yang dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS Bengawan Solo) pada stasiun pengamatan Waduk Cengklik. BBWS Bengawan Solo melakukan pengamatan dan pengukuran lapangan dan pengambilan sampel air yang kemudian dilakukan uji laboratorium pada

berbagai parameter baik parameter fisika, kimia, maupun biologi.

Data yang diambil pada penelitian ini disesuaikan dengan parameter uji metode STORET. Pengolahan data dilakukan melalui tabulasi data. Data yang telah ditabulasi dianalisis dengan metode STORET untuk mencocokkan data kualitas air pada musim hujan (yang meliputi bulan Oktober, November, dan Desember 2022, serta Januari, Februari, dan Maret 2023) dan musim kemarau (yang meliputi bulan April hingga September 2023) dengan mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air [12].



Gambar 1. Lokasi dan situasi lingkungan Waduk Cengklik di Boyolali, Jawa Tengah

Tabel 1. Parameter Uji Penentuan Kualitas Air

No	Parameter	Satuan	Metode Uji
Fisika			
1.	Suhu	°C	-
2.	Padatan Terlarut Total (TDS)	mg/L	<i>In House Methode</i>
3.	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/L	<i>In House Methode</i>
Kimia			
4.	pH	-	-
5.	<i>Dissolved oxygen (DO)</i>	mg/L	APHA 2017, Section 4500-OG
6.	<i>Oxygen Demand (BOD)</i>	mg/L	SNI 6989.72.2009
7.	<i>Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	NI 6989.2.2019
Biologi			
8.	<i>Fecal Coliform</i>	MPN/100 mL	APHA 2017 section 9221-E
9.	<i>Total Coliform</i>	MPN/100 mL	APHA 2017 section 9221-B

Sumber: Safar (2022); Suwarsito & Sarjanti (2019); Yuniarti & Biyatmoko (2019)

Adapun langkah-langkah penerapan Metode STORET dalam mengukur kualitas air di Waduk Cengklik yaitu:

1. Mengumpulkan data kualitas air secara periodik.
2. Membandingkan data hasil pengukuran dari setiap parameter uji dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
3. Hasil pengukuran yang memenuhi nilai baku mutu air, yaitu apabila hasil pengukuran lebih kecil atau kurang dari baku mutu (hasil pengukuran <baku mutu), maka diberi skor 0.
4. Hasil pengukuran yang tidak memenuhi nilai mutu air, yaitu apabila hasil pengukuran lebih besar dari baku mutu (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor sesuai dengan yang tertera pada Tabel 2.
5. Jumlah negatif dari semua parameter uji dihitung, kemudian diklasifikasikan status mutu airnya dari jumlah skor yang diperoleh dengan menerapkan sistem nilai sebagaimana yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 2. Bobot untuk Menentukan Status Mutu Air Menggunakan Metode STORET

Jumlah Contoh ¹⁾	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
>10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Catatan: ¹⁾jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu

Tabel 3. Klasifikasi Status Mutu Air

Kategori	Skor	Status Mutu
Kelas A	0	Memenuhi Baku Mutu (Baik Sekali)
Kelas B	-1 s/d -10	Cemar Ringan (Baik)
Kelas C	-11 s/d -30	Cemar Sedang (Sedang)
Kelas D	>-30	Cemar Berat (Buruk)

HASIL

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Pasal 8 terkait skema klasifikasi mutu peruntukan air, Waduk Cengklik dapat dikategorikan ke dalam Kelas II, yaitu air yang dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Hasil pengukuran kualitas air di Waduk Cengklik pada musim hujan dan musim kemarau dengan menggunakan metode STORET menunjukkan kondisi yang berbeda. Hasil pengukuran pada musim hujan dengan menggunakan data dari bulan Oktober-Desember 2022 dan Januari-Maret 2023 dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan hasil pengukuran

Tabel 4. Hasil Analisis Kualitas Air pada Musim Hujan

No.	Parameter	Kriteria Mutu Air Kelas II	Hasil Pengukuran			Skor	Jumlah Skor
			Rata-Rata	Maksimum	Minimum		
1.	Suhu	24-30	27,06	28,57	26,47	0+0+0	0
2.	TDS	1000	105,5	125	78	0+0+0	0
3.	TSS	50	18,17	43	7	0+0+0	0
4.	pH	6 - 9	7,49	9,18	5,61	0+(0)+(-2)	-2
5.	DO	4	4,02	6,4	1,8	(0)+0+(-2)	-2
6.	BOD	3	2,87	3,6	1,9	(0)+(-2)+0	-2
7.	COD	25	29,25	36	20,2	(-6)+(2)+0	-8
8.	<i>Fecal Coliform</i>	1.000	10.863,33	54.000	460	(-9)+(3)+0	-12
9.	<i>Total Coliform</i>	5.000	11.450	54.000	1.400	(-9)+(3)+0	-12
Nilai STORET							-38

Tabel 5. Hasil Analisis Kualitas Air pada Musim Kemarau

No.	Parameter	Kriteria Mutu Air Kelas II	Hasil Pengukuran			Skor	Jumlah Skor
			Rata-Rata	Maksimum	Minimum		
1.	Suhu	24-30	25,7	26,83	24,63	0+0+0	0
2.	TDS	1000	115,33	135	95	0+0+0	0
3.	TSS	50	9,17	26	4	0+0+0	0
4.	pH	6 - 9	6,81	7,13	6,44	0+0+0	0
5.	DO	4	4,68	6,6	3,1	0+0+(-2)	-2
6.	BOD	3	3,65	11,1	1,7	(-6)+(-2)+0	-8
7.	COD	25	30,32	83	12,1	(-6)+(-2)+0	-8
8.	<i>Fecal Coliform</i>	1.000	935	2.300	230	0+(-3)+0	-3
9.	<i>Total Coliform</i>	5.000	3.083,33	7.900	1.400	0+(-3)+0	-3
Nilai STORET							-24

pada musim kemarau dengan menggunakan data dari bulan April hingga September 2023 dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa kualitas air Waduk Cengklik selama musim hujan tahun 2023 mengalami pencemaran berat dengan nilai STORET (-38), sehingga termasuk dalam kategori Kelas D (Buruk), sedangkan berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa kualitas air Waduk Cengklik selama musim kemarau tahun 2023 mengalami pencemaran sedang dengan nilai STORET (-24), sehingga termasuk dalam kategori Kelas C (Sedang). Kondisi tersebut paling banyak dipengaruhi oleh parameter kimia dan biologi, sedangkan seluruh parameter fisika menunjukkan jumlah skor 0, yang berarti bahwa parameter-parameter tersebut tidak melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II yang mengacu pada PP Nomor 82 Tahun 2001. Berikut deskripsi dari masing-masing parameter tersebut.

Suhu

Suhu memiliki peranan penting dalam mempengaruhi reaksi kimia pada wilayah perairan. Selain itu, suhu juga memengaruhi kemampuan adaptasi biota air, tingkat viskositas air, distribusi mineral di wilayah perairan, serta *dissolved oxygen (DO)* atau konsentrasi oksigen terlarut [13,14]. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata suhu di

Waduk Cengklik pada musim hujan maupun musim kemarau berada di atas baku mutu air Kelas II, yaitu berturut-turut sebesar 27,06°C dan 25,7°C.

TDS

TDS (padatan terlarut total) merupakan kandungan partikel berupa bahan organik dan non-organik yang berpengaruh terhadap penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan [15,16]. Hasil analisis data menunjukkan bahwa rata-rata *TDS* di Waduk Cengklik saat musim hujan maupun musim kemarau, yaitu berturut-turut sebesar 105,5 mg/L dan 115,33 mg/L. Artinya *TDS* di Waduk Cengklik tidak melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II.

TSS

TSS (total padatan tersuspensi) merupakan bahan-bahan dengan diameter >1 µm yang tersuspensi di dalam air, sehingga berpengaruh pula terhadap penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan [17,18]. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata *TSS* di Waduk Cengklik pada musim hujan maupun musim kemarau, yaitu berturut-turut sebesar 18,17 mg/L dan 9,17 mg/L. Artinya *TSS* di Waduk tidak melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II.

pH

pH atau *Potential of Hydrogen* (derajat keasaman) merupakan banyaknya kadar ion hidrogen di dalam perairan yang menentukan sifat asam atau basa serta memengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi kehidupan organisme perairan. Perubahan derajat keasaman di wilayah perairan yang menjadi terlalu asam atau basa, akan berpengaruh terhadap kesuburan perairan dan mengganggu kehidupan jasad renik yang hidup di perairan [16,17,18]. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata pH di Waduk Cengklik pada musim hujan maupun musim kemarau, yaitu berturut-turut 7,49 dan 6,81. Akan tetapi, pada musim hujan, nilai minimum pH di bawah ambang batas baku, yaitu 5,61, sehingga jumlah skor parameter pH pada musim hujan menunjukkan nilai -2.

DO

DO merupakan banyaknya oksigen yang terlarut di dalam suatu perairan. Kadar DO dapat mengalami perubahan atau fluktuasi dalam waktu harian maupun musiman. Fluktuasi tersebut dipengaruhi oleh proses pencampuran dan pergerakan massa air, fotosintesis, respirasi, dan banyaknya limbah yang masuk ke perairan [19]. Nilai DO yang besar menunjukkan bahwa air mempunyai kualitas yang baik, sedangkan nilai DO yang rendah menunjukkan kualitas air yang buruk atau tercemar sehingga dapat mengakibatkan penurunan produktivitas organisme yang hidup di dalamnya [2]. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada musim hujan dan musim kemarau, rata-rata nilai DO di Waduk Cengklik memenuhi ambang batas baku mutu air Kelas II, yaitu berturut-turut sebesar 4,02 mg/L dan 4,68 mg/L, sedangkan nilai minimum pada kedua musim tidak memenuhi nilai ambang batas, yaitu berturut-turut sebesar 1,8 mg/L dan 3,1 mg/L. Kondisi tersebut menyebabkan skor DO pada kedua musim adalah (-2).

BOD

BOD (kebutuhan oksigen biologis) menunjukkan banyaknya kadar oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme perairan, khususnya bakteri untuk mendekomposisi bahan-bahan organik secara aerob [19,20]. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata dan nilai minimum BOD di Waduk Cengklik pada musim hujan tidak melebihi ambang batas, sebesar 2,87 mg/L dan 1,9 mg/L, sedangkan nilai rata-rata dan nilai maksimum BOD pada musim kemarau melebihi ambang batas yaitu sebesar 3,65 mg/L dan 11,1 mg/L. Kondisi tersebut menyebabkan perbedaan nilai STORET antara musim hujan dan musim kemarau, yaitu (-2) dan (-8).

COD

COD (kebutuhan oksigen kimiawi) menunjukkan banyaknya kadar oksigen yang dibutuhkan dalam proses oksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang mudah mengalami degradasi maupun yang sulit mengalami degradasi secara biologis menjadi karbondioksida dan air [19]. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata dan nilai maksimum COD di Waduk Cengklik pada musim hujan maupun musim kemarau melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II, yaitu berturut-turut sebesar 27,25 mg/L dan 36 mg/L, serta 30,32 mg/L dan 83 mg/L, sedangkan nilai minimumnya pada kedua musim sama-sama tidak

melebihi ambang batas, yaitu sebesar 20,2 mg/L dan 12,1 mg/L. Kondisi tersebut menghasilkan nilai STORET antara musim hujan dan musim kemarau sama yaitu (-8).

Fecal Coliform

Fecal Coliform adalah bakteri gram negatif yang memiliki bentuk batang pendek, panjangnya sekitar 2 µm, lebar antara 0,4- 0,7µm, dan diameter 0,7 µm. Salah satu anggota dari bakteri *coliform* adalah *Escherichia coli* (*E. coli*). Saat bakteri tersebut dalam jumlah besar masuk ke dalam tubuh dan bertaham dalam jangka waktu yang lama, maka menyebabkan penyakit seperti diare, radang usus, serta infeksi pada saluran kemih dan saluran empedu [21]. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa nilai rata-rata dan nilai maksimum *Fecal Coliform* di Waduk Cengklik pada musim hujan melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II, yaitu berturut-turut sebesar 10.863,3 MPN/100 mL dan 54.000 MPN/100 mL, sedangkan pada musim kemarau hanya nilai maksimumnya saja yang melebihi ambang batas baku mutu, tapi nilainya lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata maupun nilai maksimum saat musim hujan yaitu sebesar 2.300 MPN/100 mL. Kondisi tersebut menyebabkan nilai STORET *fecal coliform* pada musim hujan sebesar (-12), lebih tinggi dibandingkan saat musim kemarau sebesar (-3).

Total Coliform

Total coliform dapat diartikan sebagai kepadatan *coliform* di suatu wilayah perairan. *Total coliform* menjadi parameter mikrobiologi yang menunjukkan apakah suatu perairan aman dikonsumsi oleh manusia atau tidak [19]. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa nilai rata-rata dan nilai maksimum *total coliform* pada musim hujan melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II, yaitu berturut-turut sebesar 11.450 MPN/100 mL dan 54.000 MPN/100 mL, sedangkan pada musim kemarau hanya nilai maksimumnya saja yang melebihi ambang batas baku mutu, tapi nilainya lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata maupun nilai maksimum saat musim hujan yaitu sebesar 7.900 MPN/100 mL. Kondisi tersebut menyebabkan nilai STORET *total coliform* pada musim hujan sebesar (-12), lebih tinggi dibandingkan saat musim kemarau sebesar (-3).

PEMBAHASAN

Waduk Cengklik telah dibangun sejak masa pemerintahan Hindia-Belanda pada tahun 1923, dengan tujuan awal yaitu agar kebutuhan air untuk industri Pabrik Gula Colomadu dapat terpenuhi. Seiring berjalannya waktu, mulai tahun 1998, air di Waduk Cengklik mulai dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi atau pengairan lahan pertanian dengan menambah suplesi air dari Sungai Pepe. Selain itu, Waduk Cengklik juga dimanfaatkan untuk keperluan wisata dan budidaya perikanan [6].

Banyak penelitian-penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang Waduk Cengklik dengan variabel yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya mengkaji tentang daya dukung Waduk Cengklik untuk budidaya ikan [6] dan dampak kualitas air di Waduk Cengklik pada kawasan keramba budidaya ikan air tawar [2]. Meskipun keduanya lebih berfokus pada budidaya ikan di Waduk Cengklik, tapi

keduanya juga melakukan analisis terhadap kualitas air di Waduk Cengklik.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Asmaranto & Suryono pada tahun 2017, yang mengkaji tentang status mutu air di Waduk Cengklik berdasarkan Nilai Indeks Pencemaran (IP)[6]. Hasil penelitian Asmaranto & Suryono menunjukkan bahwa kondisi Waduk Cengklik pada tahun 2016 untuk kelas mutu air II, dengan parameter pengukuran yang meliputi *total coliform*, nitrit, BOD dan COD, kandungan logam (seperti tembaga, timbal, besi, dan sianida), serta kandungan TSS, termasuk dalam kategori cemar berat dan sedang, yaitu sekitar 50-60% mengalami cemar berat, sedangkan sisanya mengalami cemar sedang [6]. Beda halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Safitri et al. pada bulan Mei 2022 di tiga titik lokasi yang ditentukan berdasarkan aktivitas budidaya ikan keramba di Waduk Cengklik dengan menggunakan parameter suhu, konduktivitas, TDS, DO, dan ORP, Waduk Cengklik masih termasuk kategori optimum untuk digunakan pada kegiatan budidaya ikan [2].

Penelitian ini mencoba untuk mengisi celah penelitian sebelumnya melalui kajian temporal untuk membedakan kualitas air di Waduk Cengklik saat musim hujan dan musim kemarau tahun 2023, serta mengkaji beberapa parameter yang belum digunakan oleh dua penelitian sebelumnya. Kajian temporal untuk membandingkan kualitas air saat musim hujan dan kemarau sebelumnya telah dilakukan oleh Nufutomo et al. [22] di DAS Citarum Hulu, Jawa Barat dengan parameter yang meliputi BOD, TDS, klorida, seng, total deterjen, nitrat, konsentrasi nitrit, timbal, merkuri, dan fenol. Perbedaan pemilihan parameter yang digunakan untuk menguji kualitas air pada masing-masing penelitian menunjukkan perbedaan fokus kajian penelitian, perbedaan kondisi wilayah kajian, maupun perbedaan waktu penelitian. Sebagai contoh, penelitian ini tidak mengkaji parameter seperti klorida, seng, total deterjen, nitrat, maupun nitrit karena berdasarkan data parameter uji kualitas air dari BBWS Bengawan Solo, parameter-parameter tersebut pada tahun 2023 masih menunjukkan nilai aman, artinya tidak melebihi kadar maksimum yang seharusnya terkandung di perairan.

Secara temporal, hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan kualitas air saat musim hujan dan musim kemarau, yang sebagian besar dipengaruhi oleh parameter kimia yang meliputi DO, BOD dan COD, serta parameter biologi yang meliputi *fecal coliform* dan *total coliform*. Pada bagian hasil telah dikatakan bahwa kadar DO dapat mengalami fluktuasi secara harian maupun musiman. Di Waduk Cengklik, rata-rata nilai DO saat musim hujan lebih rendah apabila dibandingkan saat musim kemarau, meskipun keduanya masih memenuhi nilai ambang batas. Kondisi tersebut berbeda dari kondisi normal yang seharusnya pada musim hujan dengan suhu yang semakin rendah, kadar DO akan mengalami peningkatan atau lebih tinggi [23]. Hal itu disebabkan karena saat lebih banyak sinar matahari dan suhu lebih tinggi akan meningkatkan aktivitas kehidupan tumbuhan dan hewan, tergantung pada organisme apa yang ada di wilayah perairan, hal ini dapat meningkatkan atau menurunkan kadar DO [24]. Di Waduk Cengklik, tumbuhan air yang banyak tumbuh di wilayah tersebut adalah eceng gondok. Tanaman eceng gondok yang tumbuh secara tidak terkendali dapat berdampak buruk pada

ekosistem perairan karena dapat mengakibatkan turunnya kadar DO [25]. Mengacu pada kondisi tersebut dapat kita katakan bahwa kadar DO di Waduk Cengklik pada musim hujan lebih rendah karena saat musim hujan, tumbuhan eceng gondok tumbuh dengan melimpah sehingga menyebabkan Waduk Cengklik berada dalam status eutrofik [6].

Nilai BOD dan COD di Waduk Cengklik pada musim kemarau menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan saat musim hujan. Bahkan saat musim kemarau, nilai rata-rata BOD dan COD nya melebihi ambang batas baku mutu. Tingginya konsentrasi BOD dan COD di wilayah perairan yang melebihi ambang batas menunjukkan bahwa wilayah perairan tersebut mengalami pencemaran bahan-bahan organik dalam jumlah besar [18]. Tingginya konsentrasi tersebut dapat disebabkan oleh adanya limbah domestik karena aktivitas di wilayah permukiman penduduk maupun dari limpasan air dari aktivitas pertanian. Apabila kegiatan irigasi pada lahan pertanian atau ketika musim hujan, maka limpasan air dari dalam tanah akan berpindah ke badan air, dan akhirnya akan mencemari sungai. Air sungai yang tercemar kemudian masuk ke waduk juga akan menyebabkan air waduk tercemar. Ketika musim kemarau, kondisi akan semakin parah karena kualitas air sungai yang mengalir ke waduk juga mengalami penurunan kualitas sebagai akibat dari penurunan debit air sungai. Limbah yang dibuang ke badan air dapat mengangkat bahan organik dan anorganik perairan yang pada akhirnya dapat memengaruhi kualitas air. Tingginya BOD dan COD yang terlarut di dalam air akan mengakibatkan kandungan oksigen terlarut dalam air berkurang, sehingga berpengaruh buruk terhadap kehidupan organisme akuatik [22].

Parameter lain yang turut memperparah tingkat pencemaran air di Waduk Cengklik adalah tingginya kadar *fecal coliform* dan *total coliform* yang melebihi ambang batas baku mutu air Kelas II. Tingginya kadar kedua parameter tersebut dapat dipengaruhi oleh tingginya aktivitas masyarakat di sekitar wilayah perairan yang kemudian menghasilkan limbah domestik. Apabila limbah yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik, kemudian meresap ke dalam tanah dan mengalir ke sungai, selanjutnya masuk ke waduk, maka secara otomatis air waduk juga akan tercemar [8,19]. Nilai rata-rata *fecal coliform* dan *total coliform* di Waduk Cengklik saat musim hujan lebih tinggi dibandingkan saat musim kemarau karena jika terjadi curah hujan, jumlah mikroba pada air yang mengalir dapat meningkat secara tiba-tiba dan mencapai badan reservoir dengan sangat cepat [26].

Penelitian ini menunjukkan kondisi yang sedikit berbeda dengan kondisi pencemaran di Waduk Cengklik yang telah dihitung oleh BBWS Bengawan Solo pada tahun 2023 yang menerapkan metode Indeks Pencemaran (IP). Mengacu pada nilai IP, diketahui bahwa selama musim hujan yang mencakup bulan Oktober, November, dan Desember 2022, serta Januari, dan Februari 2023, diketahui bahwa Waduk Cengklik mengalami tingkat pencemaran ringan, sedangkan pada bulan Maret kondisi air memenuhi standar baku mutu. Selama musim kemarau yang mencakup bulan April hingga September, diketahui bahwa Waduk Cengklik mengalami tingkat pencemaran ringan (pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September 2023), sedangkan pada bulan April 2023 yang merupakan transisi

dari musim hujan kondisinya sama dengan bulan Mei 2023, yaitu memenuhi standar baku mutu. Perbedaan hasil tersebut dipengaruhi oleh perbedaan metode perhitungan yang digunakan. Metode STORET yang digunakan dalam penelitian ini memang memiliki keunggulan, yaitu lebih sensitif dan representatif, serta lebih mudah digunakan untuk melakukan identifikasi terhadap kontaminan yang menyebabkan pencemaran. Akan tetapi, metode STORET memang tidak bisa diaplikasikan untuk mengukur data yang sifatnya sesaat, sehingga data yang digunakan untuk metode STORET harus dalam bentuk *time series* [17, 27].

KESIMPULAN

Waduk Cengklik terletak di Desa Ngarorejo, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air di Waduk Cengklik pada tahun 2023 dengan menerapkan metode STORET, diketahui bahwa tingkat pencemaran di Waduk Cengklik pada musim hujan termasuk dalam kategori cemar berat dengan nilai STORET (-38), sedangkan tingkat pencemaran di Waduk Cengklik pada musim kemarau termasuk dalam kategori sedang dengan nilai STORET (-24). Terdapat sembilan parameter yang digunakan dalam penelitian ini, yang dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu parameter fisika (suhu, TDS, dan TSS), parameter kimia (pH, DO, BOD, dan COD), serta parameter biologi (fecal coliform dan total coliform). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap kondisi pencemaran di Waduk Cengklik adalah parameter kimia dan biologi, khususnya yang berkaitan dengan limbah domestik karena peningkatan jumlah penduduk maupun limbah dari aktivitas pertanian seperti pemupukan, maupun perikanan, seperti penerapan sistem Keramba Jaring Agung. Oleh sebab itu, Untuk mengurangi tingkat pencemaran, perlu dilakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke badan air agar tidak merugikan organisme perairan dan masyarakat. Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas air telah melebihi batas baku mutu, yang memerlukan peningkatan pengawasan dan penegakan regulasi lingkungan oleh pemerintah. Regulasi yang lebih ketat dan inspeksi rutin sangat penting untuk menjaga kualitas air di waduk. Temuan ini menyediakan data ilmiah untuk perencanaan dan pengelolaan kualitas air Waduk Cengklik, memungkinkan pihak berwenang untuk mengembangkan strategi pemulihan dan perlindungan yang efektif, termasuk membangun infrastruktur pengolahan limbah dan memperkuat regulasi lingkungan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Kesehatan, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo atas pemberian izin penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada *anonymous reviewers* atas saran dan masukan yang diberikan untuk peningkatan kualitas paper.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfatihah A, Latuconsina H, Prasetyo HD. Water Quality Analysis Based on Physical and Chemical Parameters in Patrean River Waters, Sumenep regency. *Aquacoastmarine J Aquat Fish Sci.* 2022;1(2):76–84.
2. Safitri RN, Ningtyas SRA, Hermawan WG, Pramitasari TA, Rachmawati S. Dampak Kualitas Air pada Kawasan Keramba Budidaya Ikan Air Tawar di Waduk Cengklik, Boyolali. *Envoist J (Environ Sustain Journal).* 2022;2(2):84–91.
3. Sandro Y, Saputra SW, Wijayanto D. Valuasi Ekonomi Manfaat Langsung Dan Tidak Langsung Kawasan Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. *Manag Aquat Resour J.* 2018;6(3):326–32.
4. Yuono T. Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi Waduk Cengklik. *J EMBA [Internet].* 2013;1(4):78–85. Available from: <https://media.neliti.com/media/publications/142071-ID-none.pdf>
5. Subagiyo A. Quo Vadis Waduk Cengklik: Desakan Sosial Ekonomi vs Lingkungan Hidup [Internet]. 2021. Available from: <http://arissubagiyo.lecture.ub.ac.id/2021/05/quo-vadis-waduk-cengklik-desakan-sosial-ekonomi-vs-lingkungan-hidup/>
6. Asmaranto R, Suryono A. Kajian Daya Dukung Waduk Untuk Budidaya Ikan (Studi Kasus: Bendungan Cengklik). *Pertem Ilm Tah XXXIV HATHI - Papua.* 2017;(September):1–11.
7. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
8. Rachmawati A. *Buku Ajar Pencemaran Lingkungan.* Yogyakarta: Penerbit Deepublish; 2022.
9. Sari M. Kajian Kualitas Air Berdasarkan Metode Storet, Indeks Pencemaran dan Nvc Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus* Linn.) di Waduk Cengklik Kabupaten Boyolali [Internet]. Universitas Sebelas Maret; 2018. Available from: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/64105/Kajian-Kualitas-Air-Berdasarkan-Metode-Storet-Indeks-Pencemaran-dan-Nvc-Ikan-Nila-Oreochromis-Niloticus-Linn-dii-Waduk-Cengklik-Kabupaten-Boyolali>
10. Laksono J. Ribuan Ikan Siap Panen di Waduk Cengklik Boyolali Mati Akibat Fenomena Upwelling. [Internet]. 2024. Available from: <https://www.beritasatu.com/nusantara/2804636/ribuan-ikan-siap-panen-di-waduk-cengklik-boyolali-mati-akibat-fenomena-upwelling>
11. Machbub B. Model Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar Air Danau dan Waduk, *J. Sumber Daya Air.* 2010;6(2): 103-204.
12. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
13. Pramana R. Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air dan Suhu Air Pada Kolam

- Budidaya Ikan. *J. Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*. 2018;7(1):13–23. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i1.435>
14. Munirwan H, Prayudi WA, Putra ZDW. *Buku Pengantar Praktis Pengelolaan Lingkungan Kota*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish; 2019.
 15. Rahadi B, Wirosoedarmo R, Tunggul A, Haji S, Pratama A, Ariyanto. Prediksi TDS, TSS, dan Kedalaman Waduk Selorejo Menggunakan Aerial Image Processing. *J Sumberd Alam dan Lingkungan*. 2020;7(2):65–71.
 16. Pandiangan YS, Zulaikha S, Warto W, Yudo S. Status Kualitas Air Sungai Ciliwung Berbasis Pemantauan Online di Wilayah DKI Jakarta Ditinjau dari Parameter Suhu, pH, TDS, DO, DHL, dan Keekeruhan. *J. Teknologi Lingkungan*, 2023;24(2):176–182. <https://doi.org/10.55981/jtl.2023.1003>
 17. Purnamasari DE. Penentuan status mutu air Kali Wonokromo dengan metode storet dan indeks pencemar. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November; 2017.
 18. Djoharam V, Riani E, Yani M. Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi Dki Jakarta. *J Pengelolaan Sumberd Alam dan Lingkung (Journal Nat Resour Environ Manag*. 2018;8(1):127–33.
 19. Yuniarti, Biyatmoko D. Analisis Kualitas Air Dengan Penentuan Status Mutu Air Sungai Jaing Kabupaten Tabalong. *Jukung J Tek Lingkung*. 2019;5(2):52–69.
 20. Alfatihah A, Latuconsina H, Prasetyo HD. Water Quality Analysis Based on Physical and Chemical Parameters in Patrean River Waters, Sumenep regency. *Aquacoastmarine: J. of Aquatic and Fisheries Science*. 2019;1(2):76–84. <https://doi.org/10.32734/jafs.v1i2.9174>
 21. Lutfiando MF. Analisis Potensi Beban Pencemar Fecal Coliform Dari Tinja Manusia Dan Tinja Hewan Ternak Terhadap Kualitas Air Permukaan Dan Air Tanah Di Kabupaten Bantul. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. 2021.
 22. Nufutomo TK, Manalu YS, Muntalif BS. STORET (Storage and Retrieval) method for analysis and identification of water pollutants in the Upper Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2023;1201(1).
 23. Sidabutar EA, Sartimbul A, Handayani M. Secara administratif Teluk Prigi terletak. *J Fish Mar Res*. 2019;3(1):46–52.
 24. Murphy S. General Information on Dissolved Oxygen. [Internet]. 2007. Available from: <https://bcn.boulder.co.us/basin/data/NEW/info/DO.html>
 25. UNIGORROADM. Fenomena Eceng Gondok Dapat Atensi, Akademisi Unigoro Beberkan Strategi Penanganannya. Yayasan Suyitno Bojonegoro. [Internet]. 2021. Available from: <https://www.unigoro.ac.id/fenomena-eceng-gondok-dapat-atenasi-akademisi-unigoro-beberkan-strategi-penanganannya>
 26. Rajkumar B, Sharma GD. Seasonal bacteriological analysis of Barak River, Assam, India. *Applied Water Science*. 2013;3(3):625–630. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0120-3>
 27. Jubaedah D, Hariyadi S, Muchsin I, Kamal MM. Water Quality Index of Floodplain River Lubuk Lampam South Sumatera Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2015;6(4):252–258. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2015.v6.600>