

Penilaian Status Kualitas Air Waduk Gajahmungkur Menggunakan Metode Indeks Pencemaran (IP) sebagai Evaluasi Kondisi Lingkungan Perairan

Riska Aprilia Triyadi^{1*}, Nuha Amiratul Afifah², Herwin Lukito³, Aditya Pandu Wicaksono⁴, I Putu Gema Bujangga Waisnawa⁵, Asep Mulyana⁶

¹⁻⁵Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Yogyakarta, Indonesia

⁶DAI USAID Indonesia Urban Resilient Water, Sanitation, dan Hygiene (IUWASH Tangguh), Indonesia

Corresponding Author's e-mail : riska.aprilias@upnyk.ac.id

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 9 September, 2026

Page: 5862-5871

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i9.4295>

Article History:

Received: Juli 07, 2026

Revised: Agustus 12, 2026

Accepted: September 18, 2026

Abstract : Gajah Mungkur Reservoir is a strategic water resource that supports irrigation, flood control, fisheries, electricity generation, and tourism. However, increasing pollutant loads may reduce water quality and threaten the sustainability of its utilisation. This study aimed to determine the water quality status of Gajah Mungkur Reservoir using the Pollution Index (PI) method and to evaluate water quality variations at different depths. Water samples were analysed at depths of 0.3 m, 5 m, and 10 m using water quality data from 2017 and 2022, representing the wet and dry seasons. The analysed parameters included pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), phosphate, nitrate, and total coliform. The results showed increased pollution, particularly in BOD, COD, and total coliform parameters. The PI values increased from 1.35–1.40 in 2017 to 1.88–2.12 in 2022, with the highest increase of 56.8% observed at a depth of 0.3 m. Although the overall water quality remained within the lightly polluted category, the increasing PI trend indicates gradual water quality degradation. Continuous monitoring and targeted control of organic and microbiological pollutant sources are required to maintain the water quality of Gajah Mungkur Reservoir.

Keywords: Gajah Mungkur Reservoir, Water Quality, Pollution Index.

Abstrak : Waduk Gajah Mungkur merupakan sumber daya air strategis yang mendukung irigasi, pengendalian banjir, perikanan, pembangkit listrik, dan pariwisata. Namun, peningkatan beban pencemar berpotensi menurunkan kualitas air dan keberlanjutan pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan menentukan status kualitas air Waduk Gajah Mungkur menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) serta mengevaluasi variasi kualitas air berdasarkan kedalaman. Sampel air dianalisis pada kedalaman 0,3 m, 5 m, dan 10 m menggunakan data tahun 2017 dan 2022 yang mewakili musim hujan dan kemarau. Parameter yang dianalisis meliputi pH, DO, BOD, COD, TSS, fosfat, nitrat, dan *total coliform*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pencemaran terutama pada parameter BOD, COD, dan *total coliform*. Nilai IP meningkat dari 1,35–1,40 pada tahun 2017 menjadi 1,88–2,12 pada tahun 2022, dengan peningkatan tertinggi sebesar 56,8% pada kedalaman 0,3

m. Meskipun masih dalam kategori tercemar ringan, tren peningkatan IP menunjukkan penurunan kualitas air secara bertahap. Pemantauan berkala dan pengendalian sumber pencemar organik serta mikrobiologis diperlukan untuk menjaga kualitas Waduk Gajah Mungkur.

Kata Kunci: Waduk Gajah Mungkur, Kualitas Air, Indeks Polusi.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam paling fundamental bagi keberlangsungan kehidupan manusia dan ekosistem. Selain berperan sebagai kebutuhan dasar, air memiliki fungsi strategis dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, pertanian, industri, dan keberlanjutan lingkungan. Peningkatan jumlah penduduk, perkembangan aktivitas ekonomi, serta dampak perubahan iklim menyebabkan tekanan terhadap ketersediaan dan kualitas sumber daya air semakin meningkat. Kondisi tersebut mendorong perlunya strategi pengelolaan air yang efektif, termasuk pemantauan kualitas sungai, air tanah, dan danau secara berkelanjutan. Kombinasi antara perubahan iklim dan meningkatnya kebutuhan terhadap sumber daya air menjadikan penyimpanan air melalui sistem waduk sebagai salah satu pendekatan penting dalam menghadapi tantangan pengelolaan air masa kini (Kumar & Goyal, 2025).

Waduk merupakan sistem perairan buatan yang memiliki peran strategis dalam mendukung kebutuhan masyarakat dan pembangunan ekonomi melalui berbagai fungsi, seperti penyediaan air baku, pembangkit listrik tenaga air, irigasi, serta pengendalian risiko banjir (Xu et al., 2025). Selain aspek kuantitas, kualitas air waduk menjadi faktor penting yang menentukan keberlanjutan pemanfaatannya. Kualitas air baku yang memenuhi standar diperlukan untuk menjamin keandalan pasokan air, meningkatkan efektivitas proses pengolahan air, serta melindungi kesehatan masyarakat di wilayah hilir (Veras et al., 2025). Oleh karena itu, pemantauan kualitas air waduk tidak hanya berkaitan dengan aspek lingkungan, tetapi juga menjadi bagian penting dalam pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Waduk Gajah Mungkur merupakan salah satu waduk terbesar di Indonesia yang memiliki fungsi strategis dalam mendukung sistem sumber daya air regional. Waduk ini dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, meliputi penyediaan air irigasi, pengendalian banjir, pembangkit listrik, budidaya perikanan, dan pengembangan kegiatan pariwisata (Utami dan Trilaksana, 2015; Srikayanti et al., 2025). Namun, peningkatan aktivitas antropogenik dan perubahan kondisi lingkungan menyebabkan waduk ini menghadapi tantangan terkait penurunan kualitas air. Permasalahan kualitas air tersebut dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem perairan serta mengurangi efektivitas pemanfaatan waduk untuk berbagai kebutuhan masyarakat (Triyadi et al., 2024).

Kualitas air waduk dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik secara horizontal maupun vertikal. Variasi kualitas air berdasarkan kedalaman menjadi salah satu aspek penting karena sistem perairan waduk memiliki karakteristik dinamika yang berbeda dibandingkan perairan mengalir. Stratifikasi vertikal merupakan fenomena penting dalam ekosistem waduk yang terjadi akibat perbedaan suhu dan densitas air pada lapisan kedalaman tertentu. Kondisi ini berpengaruh terhadap proses pencampuran air secara vertikal, distribusi oksigen terlarut, pergerakan nutrien, serta akumulasi polutan pada lapisan tertentu (Nikoo et al., 2025). Oleh karena itu, evaluasi kualitas air yang hanya dilakukan pada permukaan belum tentu mampu menggambarkan kondisi keseluruhan badan air, terutama pada waduk yang mengalami stratifikasi.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi kualitas air secara menyeluruh adalah metode Indeks Pencemaran (IP). Metode ini memberikan penilaian terintegrasi dengan membandingkan hasil pengukuran berbagai parameter kualitas air terhadap baku mutu yang telah ditetapkan. Pendekatan Indeks Pencemaran memungkinkan beberapa parameter fisika dan kimia dianalisis secara simultan sehingga dapat memberikan gambaran mengenai tingkat pencemaran suatu badan air secara lebih komprehensif. Metode ini telah banyak digunakan dalam penentuan status kualitas air karena mampu mengklasifikasikan kondisi pencemaran berdasarkan kombinasi berbagai parameter lingkungan (Rahim & Soeprbowati, 2019).

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi kualitas air waduk, sebagian besar kajian masih berfokus pada pengukuran parameter kualitas air secara umum tanpa mempertimbangkan variasi kondisi berdasarkan kedalaman perairan. Pendekatan yang mengintegrasikan analisis kualitas air secara vertikal dengan metode Indeks Pencemaran masih diperlukan untuk memperoleh gambaran kondisi waduk yang lebih representatif. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan dengan menggabungkan evaluasi parameter kualitas air pada beberapa kedalaman pengambilan sampel dan analisis Indeks Pencemaran untuk mengidentifikasi variasi status pencemaran pada Waduk Gajah Mungkur. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan status kualitas air Waduk Gajah Mungkur menggunakan metode Indeks Pencemaran dengan mempertimbangkan variasi kedalaman pengambilan sampel. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi kualitas air waduk secara lebih komprehensif, mendukung sistem pemantauan kualitas air yang lebih efektif, serta menjadi dasar dalam pengelolaan Waduk Gajah Mungkur yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Sampel air diambil dari beberapa lokasi di Waduk Gajahmungkur, Wonogiri, Jawa Tengah. Pengambilan sampel air dilakukan pada kedalaman 0,3, 5, dan 10 meter. Penelitian ini menggunakan data kualitas air yang diperoleh selama periode 2017–2022, yang mencakup kondisi pada musim hujan dan musim kemarau. Status kualitas air dinilai menggunakan parameter berdasarkan Peraturan No. 27 tahun 2021 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, di antaranya adalah pH, oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), total padatan tersuspensi (TSS), fosfat, nitrat, dan *total coliform*. Status kualitas air waduk ditentukan menggunakan standar kualitas sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan (Tabel 1). Standar kualitas Kelas Dua berlaku untuk peruntukan infrastruktur/fasilitas rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi tanaman, dan penggunaan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama.

Tabel 1. Parameter dan standar kualitas yang digunakan dalam penelitian

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu (PP No.22/2021 Kelas II)
1	pH		6-9
2	DO	mg/L	Wajib > 4
3	BOD	mg/L	3
4	COD	mg/L	25
5	TSS	mg/L	50
6	fosfat	mg/L	0,2
7	nitrat	mg/L	10
8	Total coliform	Jumlah/100mL	1000

Sumber: Peraturan Pemerintah No.22 Kelas II Tahun 2021

Metode Indeks Pencemaran (IP) digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan status kualitas air berdasarkan tingkat pencemaran relatif terhadap baku mutu air yang telah ditetapkan. Metode ini merupakan pendekatan berbasis indeks yang mengintegrasikan beberapa parameter kualitas air menjadi satu nilai evaluasi sehingga mampu menggambarkan kondisi pencemaran suatu badan air secara menyeluruh. Indeks Pencemaran terdiri atas dua komponen utama, yaitu indeks rata-rata (*average index*) yang menunjukkan tingkat pencemaran berdasarkan keseluruhan parameter yang dianalisis dalam satu lokasi pengamatan, serta indeks maksimum (*maximum index*) yang menunjukkan parameter dengan kontribusi pencemaran paling dominan terhadap penurunan kualitas air (Da Costa et al., 2022). Dalam penelitian ini, metode IP digunakan untuk mengevaluasi kondisi kualitas air Waduk Gajah Mungkur berdasarkan data hasil pengukuran pada lokasi dan kedalaman pengambilan sampel tertentu. Pendekatan ini menggunakan data pengamatan tunggal (*single observation*) pada setiap titik pengujian, sehingga mampu

memberikan gambaran kondisi kualitas air pada waktu dan lokasi pengamatan tertentu (Sari dan Wijaya, 2019). Nilai Indeks Pencemaran yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan kriteria klasifikasi status mutu air untuk menentukan kategori kondisi kualitas air, yaitu memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, atau tercemar berat. Interpretasi hasil analisis Indeks Pencemaran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran (IP)

IP Skor	Kelas	Status
$0 \leq IP \leq 1,0$	A	Sangat Baik (Memenuhi Standar Kualitas)
$1,0 < IP \leq 5,0$	B	Baik (Cemar Ringan)
$5,0 < IP \leq 10,0$	C	Sedang (Cemar Sedang)
$IP > 10,0$	D	Buruk (Cemar Berat)

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan No. 115 tahun 2003

HASIL DAN DISKUSI

Status Kualitas Air

Penilaian kualitas air Waduk Gajah Mungkur dilakukan menggunakan parameter kualitas air yang diukur pada tiga kedalaman, yaitu 0,3 m (Tabel 3), 5 m (Tabel 4), dan 10 m (Tabel 5), untuk tahun 2017 dan 2022. Parameter tersebut meliputi pH, DO, BOD, COD, TSS, fosfat, nitrat, dan *total coliform*. Hasilnya menunjukkan variasi kualitas air secara temporal dan vertikal antara dua periode pengamatan. Kualitas air pada tahun 2017, memiliki nilai pH rata-rata berkisar antara 7,26 hingga 7,35, kondisi pH air relatif netral. Pada tahun 2022, rata-rata pH menurun menjadi 6,84 hingga 6,98. Meskipun penurunan ini menunjukkan pergeseran ke kondisi yang sedikit lebih asam, nilai pH masih memenuhi nilai baku mutu. Penurunan pH ini mungkin mencerminkan perubahan dekomposisi bahan organik, karakteristik aliran masuk, atau proses biogeokimia lain yang terjadi di dalam waduk.

Tabel 3. Kualitas air pada 0,3 meter

Parameter	Baku Mutu	Satuan	2017		2022	
			Januari	Juli	Januari	Juli
pH	6-9		7,13	7,4	6,63	7,05
DO	4	mg/L	5,3	5,4	6,71	6,96
BOD	3	mg/L	3,2	5,4	6,26	5,33
COD	25	mg/L	11,08	22,74	20,54	18,03
TSS	50	mg/L	10	21,1	8	9
fosfat	0,2	mg/L	0,034	0,029	0,0079	0,0139
nitrat	10	mg/L	0,206	0,532	0,168	0,216
<i>Total Coliform</i>	1000	MPN/ 100mL	40	93	40	4477

Tabel 4. Kualitas air pada kedalaman 5 meter

Parameter	Baku Mutu	Satuan	2017		2022	
			Januari	Juli	Januari	Juli
pH	6-9		7,25	7,4	6,54	7,22
DO	4	mg/L	5,2	5	6,63	7,05
BOD	3	mg/L	3,37	5,5	6,61	4,98
COD	25	mg/L	11,63	24,83	23,37	18,75
TSS	50	mg/L	9	16,1	10	8
fosfat	0,2	mg/L	0,073	0,025	0,0079	0,0265
nitrat	10	mg/L	0,183	0,735	0,162	0,183
<i>Total coliform</i>	1000	MPN/ 100mL	40	0	210	3018

Tabel 5. Kualitas air pada kedalaman 10 meter

Parameter	Baku Mutu	Satuan	2017		2022	
			Januari	Juli	Januari	Juli
pH	6-9		7,3	7,4	6,62	7,35
DO	4	mg/L	5,2	4,6	4,39	7
BOD	3	mg/L	3,8	4,95	7,29	4,31
COD	25	mg/L	12,5	26,7	25,2	19,89
TSS	50	mg/L	14	20,1	11	9
fosfat	0,2	mg/L	0,048	0,011	0,0079	0,0096
nitrat	10	mg/L	0,2	0,36	0,17	0,122
<i>Total coliform</i>	1000	MPN/100mL	40	0	170	3528

Konsentrasi DO menunjukkan pola yang berbeda pada masing-masing kedalaman. Rata-rata nilai DO pada tahun 2017 adalah 5,35 mg/L, 5,10 mg/L, dan 4,90 mg/L, masing-masing pada kedalaman 0,3, 5, dan 10 m. Nilai DO pada tahun 2022 relatif meningkat dibandingkan dengan tahun 2017 pada kedalaman 0,3, 5, dan 10 m menjadi masing-masing 6,835 mg/L, 6,840 mg/L, dan 5,695 mg/L. Konsentrasi DO yang relatif lebih tinggi ini menunjukkan bahwa ketersediaan oksigen tidak berkurang secara merata di seluruh kolom air. Namun, DO harus diinterpretasikan bersama dengan BOD dan COD karena konsentrasi oksigen dapat dipengaruhi oleh aktivitas biologis, pencampuran, dan dekomposisi bahan organik. Nilai konsentrasi BOD menunjukkan peningkatan antara kedua periode pengamatan. Rata-rata konsentrasi BOD pada tahun 2017 adalah 4,30 mg/L, 4,435 mg/L, dan 4,375 mg/L pada masing-masing 0,3, 5, dan 10 m. Pada tahun 2022, konsentrasi meningkat menjadi sekitar 5,80 mg/L pada semua kedalaman. Peningkatan tersebut mengindikasikan adanya peningkatan kebutuhan oksigen yang berkaitan dengan keberadaan bahan organik *biodegradable* di dalam waduk. Sementara itu, konsentrasi BOD yang relatif homogen pada berbagai kedalaman air pada tahun 2022 mengindikasikan bahwa bahan organik tidak hanya terakumulasi pada lapisan permukaan air, tetapi juga terdistribusi secara vertikal di sepanjang kolom air. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan proses pencampuran massa air di dalam waduk yang memungkinkan redistribusi bahan organik dari lapisan permukaan menuju lapisan air yang lebih dalam.

Pola peningkatan serupa diamati untuk COD. Rata-rata COD meningkat dari 16,91 mg/L, 18,23 mg/L, dan 19,60 mg/L pada 2017 menjadi 19,285 mg/L, 21,06 mg/L, dan 22,545 mg/L pada tahun 2022, masing-masing sebesar 0,3, 5, dan 10 m. Peningkatan secara simultan pada nilai BOD dan COD mengindikasikan adanya peningkatan beban kebutuhan oksigen secara keseluruhan pada perairan waduk. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan meningkatnya input bahan organik dan senyawa yang dapat teroksidasi dari daerah tangkapan waduk. Namun demikian, identifikasi terhadap sumber pencemar secara spesifik memerlukan analisis penelusuran sumber (*source-tracking analysis*) lebih lanjut. Sebaliknya, konsentrasi TSS menurun dari 15,55 mg/L, 12,55 mg/L, dan 17,05 mg/L pada 2017 menjadi 8,50 mg/L, 9,00 mg/L, dan 10,00 mg/L pada 2022 pada masing-masing kedalaman secara berurutan. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa material tersuspensi memiliki keberadaan yang relatif lebih rendah selama periode pengamatan tahun 2022.

Konsentrasi fosfat dan nitrat juga relatif rendah dibandingkan dengan perubahan yang teramati pada parameter BOD dan *total coliform*. Dengan demikian, berdasarkan parameter yang diamati, perubahan kualitas air yang paling menonjol antara tahun 2017 dan 2022 lebih berkaitan dengan indikator pencemaran organik dan kontaminasi mikrobiologis dibandingkan dengan keberadaan padatan tersuspensi maupun nutrisi. Perubahan paling signifikan teramati pada parameter *total coliform*. Pada tahun 2017, keberadaan koliform fekal pada kolom air menunjukkan kondisi yang relatif rendah dan tidak memperlihatkan perbedaan yang berarti antar kedalaman air. Sebaliknya, pada tahun 2022 terjadi peningkatan yang mencolok pada seluruh lapisan kedalaman, yang menunjukkan bahwa kontaminasi tidak hanya terbatas pada lapisan permukaan. Pola tersebut mengindikasikan adanya distribusi kontaminan secara vertikal di dalam

kolom air, yang kemungkinan dipengaruhi oleh dinamika pergerakan dan pencampuran massa air waduk.

Kondisi ini juga menunjukkan bahwa kontaminasi mikrobiologis telah menyebar pada berbagai lapisan perairan, sehingga karakteristik kualitas air tidak dapat dievaluasi hanya berdasarkan kondisi pada lapisan permukaan saja. Keberadaan *fecal coliform* dalam perairan dapat berkaitan dengan input dari air limbah domestik, aktivitas peternakan, permukiman, maupun sumber lainnya di daerah tangkapan waduk. Meskipun demikian, nilai konsentrasi yang terukur belum dapat memberikan informasi yang memadai untuk mengidentifikasi sumber kontaminasi secara spesifik. Secara keseluruhan, hasil kualitas air menunjukkan bahwa meskipun beberapa parameter seperti TSS tidak meningkat, kenaikan BOD, COD, dan khususnya *total coliform* menunjukkan penurunan pada aspek penting kualitas air waduk dari tahun 2017 hingga 2022. Perubahan tersebut menunjukkan pentingnya penilaian kualitas air yang dilakukan secara komprehensif, tidak hanya berdasarkan parameter kualitas air secara tunggal, tetapi juga dengan menggunakan indeks kualitas air yang mengintegrasikan berbagai parameter.

Indeks Polusi

Indeks Pencemaran (IP) dihitung untuk memberikan penilaian secara terpadu terhadap kondisi kualitas air Waduk Gajahmungkur. Perhitungan tersebut menggunakan parameter kualitas air yang terukur pada kedalaman 0,3; 5; dan 10 m. Nilai IP yang diperoleh berdasarkan analisis kualitas air waduk pada seluruh lokasi pengambilan sampel dan tahun pengamatan disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa kualitas air Waduk Gajahmungkur termasuk dalam kategori perairan tercemar ringan. Pada tahun 2017, nilai IP relatif seragam pada ketiga kedalaman, dengan kisaran antara 1,35 hingga 1,40. Nilai IP tercatat sebesar 1,35 pada kedalaman 0,3 m, 1,40 pada kedalaman 5 m, dan 1,38 pada kedalaman 10 m. Rentang nilai yang relatif sempit tersebut menunjukkan bahwa kondisi pencemaran secara keseluruhan relatif homogen di sepanjang kolom air yang diamati. Pola yang berbeda terlihat pada tahun 2022. Nilai IP meningkat menjadi 2,12 pada kedalaman 0,3 m, sedangkan pada kedalaman 5 m dan 10 m diperoleh nilai yang sama, yaitu 1,88. Dengan demikian, nilai indeks pencemaran tertinggi ditemukan pada kedalaman pengambilan sampel yang paling dangkal. Peningkatan nilai IP tersebut menunjukkan bahwa tingkat pencemaran mengalami peningkatan antara tahun 2017 dan 2022, meskipun masih berada dalam kategori tercemar ringan.

Tabel 6. Nilai Indeks Pencemaran dari tahun 2017 hingga tahun 2022.

Kedalaman	IP 2017	IP 2022	Peningkatan
0,3 m	1.35	2.12	56.8 %
5 m	1.40	1.88	34.6%
10 m	1.38	1.88	36.5%

Perbedaan nilai Indeks Pencemaran (IP) menunjukkan adanya perubahan kondisi kualitas air baik berdasarkan waktu maupun kedalaman. Pada tahun 2017, nilai IP pada ketiga kedalaman relatif sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas air pada kolom air yang diamati cenderung homogen. Kesamaan tersebut dapat berkaitan dengan proses pencampuran air yang menyebabkan kondisi kualitas air pada kedalaman yang berbeda menjadi relatif serupa. Pada tahun 2022, nilai IP mengalami peningkatan pada seluruh kedalaman, dengan nilai tertinggi ditemukan pada kedalaman 0,3 m. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan permukaan mengalami tingkat pencemaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan air yang lebih dalam. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh masuknya bahan pencemar dari aliran masuk, limpasan permukaan, dan aktivitas di sekitar daerah tangkapan waduk. Meskipun demikian, peningkatan nilai IP juga terjadi pada kedalaman 5 dan 10 m. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pencemaran tidak hanya terdapat pada lapisan permukaan, tetapi juga dapat menyebar ke lapisan yang lebih dalam melalui proses pencampuran air.

Peningkatan nilai IP pada tahun 2022 juga sejalan dengan peningkatan beberapa parameter kualitas air, terutama BOD, COD, dan *fecal coliform*. Peningkatan BOD dan COD menunjukkan adanya peningkatan beban bahan organik dan bahan yang dapat teroksidasi, sedangkan peningkatan *fecal coliform* menunjukkan adanya perubahan pada kualitas air dari aspek mikrobiologis. Perubahan beberapa parameter tersebut secara bersama-sama berkontribusi

terhadap peningkatan nilai IP. Meskipun nilai IP pada kedua tahun pengamatan masih berada dalam kategori tercemar ringan, peningkatan nilai indeks menunjukkan bahwa tingkat pencemaran mengalami peningkatan. Dengan demikian, perubahan kategori belum terjadi, tetapi kondisi kualitas air menunjukkan kecenderungan memburuk. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pemantauan kualitas air secara berkala agar peningkatan pencemaran dapat diketahui lebih awal dan upaya pengelolaan kualitas air Waduk Gajah Mungkur dapat dilakukan secara tepat.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air Waduk Gajah Mungkur mengalami perubahan kondisi antara tahun 2017 dan 2022 yang ditandai dengan peningkatan nilai beberapa parameter pencemar, terutama BOD, COD, dan *total coliform*. Analisis kualitas air pada tiga kedalaman pengamatan, yaitu 0,3 m, 5 m, dan 10 m, menunjukkan bahwa perubahan kualitas air tidak hanya terjadi pada lapisan permukaan, tetapi juga ditemukan pada lapisan yang lebih dalam. Temuan ini menunjukkan bahwa evaluasi kualitas air waduk perlu mempertimbangkan aspek temporal dan vertikal karena karakteristik perairan waduk dipengaruhi oleh interaksi antara masukan pencemar, proses biologis, dan dinamika pencampuran massa air. Penelitian mengenai kualitas air waduk modern juga menunjukkan bahwa perubahan kualitas perairan tidak hanya ditentukan oleh konsentrasi parameter tunggal, tetapi merupakan hasil interaksi berbagai faktor lingkungan seperti penggunaan lahan daerah tangkapan, aktivitas antropogenik, dan kondisi hidrodinamika waduk (Zhang et al., 2022; Li et al., 2023).

Peningkatan konsentrasi BOD dan COD pada penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan beban bahan organik dalam sistem perairan Waduk Gajah Mungkur. Nilai rata-rata BOD meningkat dari sekitar 4,30–4,44 mg/L pada tahun 2017 menjadi sekitar 5,80 mg/L pada tahun 2022 pada seluruh kedalaman pengamatan. Sementara itu, COD meningkat dari kisaran 16,91–19,60 mg/L menjadi 19,28–22,55 mg/L pada periode yang sama. Peningkatan kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa jumlah bahan organik yang membutuhkan proses oksidasi mengalami peningkatan sehingga dapat memengaruhi keseimbangan oksigen dalam ekosistem perairan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Wang et al. (2021) yang menyatakan bahwa peningkatan beban organik merupakan salah satu indikator utama degradasi kualitas air pada sistem danau dan waduk akibat peningkatan masukan limbah domestik, pertanian, serta aktivitas manusia di sekitar daerah tangkapan air.

Peningkatan BOD dan COD yang terjadi pada seluruh kedalaman menunjukkan bahwa bahan organik tidak hanya terakumulasi pada lapisan permukaan, tetapi telah mengalami distribusi vertikal dalam kolom air. Pada penelitian ini, konsentrasi BOD tahun 2022 relatif homogen pada kedalaman 0,3 m, 5 m, dan 10 m, yang menunjukkan adanya proses pencampuran massa air dalam waduk. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian Nikoo et al. (2025) yang menjelaskan bahwa stratifikasi dan proses pencampuran vertikal merupakan faktor penting yang mengontrol distribusi oksigen, nutrisi, serta bahan pencemar dalam sistem waduk. Dengan demikian, pengambilan sampel hanya pada lapisan permukaan berpotensi menghasilkan interpretasi yang kurang representatif terhadap kondisi kualitas air secara keseluruhan.

Parameter *total coliform* menunjukkan perubahan paling besar dibandingkan parameter lainnya. Pada tahun 2017, konsentrasi *total coliform* relatif rendah dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar kedalaman. Namun, pada tahun 2022 terjadi peningkatan yang sangat besar pada seluruh lapisan kedalaman, terutama pada kedalaman 0,3 m yang mencapai 4477 MPN/100 mL, sedangkan kedalaman 5 m dan 10 m masing-masing mencapai 3018 dan 3528 MPN/100 mL. Peningkatan tersebut menunjukkan adanya tekanan pencemaran mikrobiologis yang semakin besar pada Waduk Gajah Mungkur. Keberadaan *total coliform* umumnya digunakan sebagai indikator adanya pengaruh kontaminasi fekal dari aktivitas manusia maupun hewan berdarah panas. Penelitian Rahmawati et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *coliform* pada badan air dapat berkaitan dengan masuknya sumber pencemar dari lingkungan sekitar dan menjadi indikator penting dalam evaluasi keamanan kualitas air.

Meskipun terjadi peningkatan pencemar organik dan mikrobiologis, beberapa parameter menunjukkan pola berbeda. Konsentrasi TSS pada penelitian ini mengalami penurunan dari tahun

2017 ke tahun 2022 pada seluruh kedalaman pengamatan. Nilai rata-rata TSS menurun dari 15,55 mg/L, 12,55 mg/L, dan 17,05 mg/L menjadi 8,50 mg/L, 9,00 mg/L, dan 10,00 mg/L pada kedalaman 0,3 m, 5 m, dan 10 m. Penurunan TSS menunjukkan bahwa peningkatan pencemaran pada Waduk Gajah Mungkur tidak terutama disebabkan oleh peningkatan material tersuspensi, tetapi lebih dominan dipengaruhi oleh parameter organik dan mikrobiologis. Hal ini memperlihatkan bahwa evaluasi kualitas air waduk perlu menggunakan pendekatan multidimensi karena setiap parameter memberikan informasi berbeda mengenai tekanan lingkungan yang terjadi.

Hasil analisis Indeks Pencemaran (IP) memperkuat adanya perubahan kondisi kualitas air Waduk Gajah Mungkur. Pada tahun 2017, nilai IP berada pada rentang 1,35–1,40 pada seluruh kedalaman, sedangkan pada tahun 2022 meningkat menjadi 1,88–2,12. Peningkatan terbesar terjadi pada kedalaman 0,3 m sebesar 56,8%, diikuti kedalaman 10 m sebesar 36,5% dan kedalaman 5 m sebesar 34,6%. Meskipun seluruh nilai IP masih termasuk kategori tercemar ringan, peningkatan indeks menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kualitas air secara bertahap. Hasil ini mendukung penelitian Da Costa *et al.* (2022) yang menjelaskan bahwa metode indeks kualitas air mampu memberikan gambaran terpadu mengenai status pencemaran karena mengintegrasikan kontribusi berbagai parameter kualitas air ke dalam satu indikator.

Perbedaan nilai IP berdasarkan kedalaman menunjukkan bahwa lapisan permukaan merupakan bagian yang paling rentan terhadap peningkatan tekanan pencemar. Pada tahun 2022, nilai IP tertinggi ditemukan pada kedalaman 0,3 m, yang menunjukkan bahwa lapisan permukaan kemungkinan lebih dipengaruhi oleh masukan langsung dari limpasan permukaan, aktivitas sekitar waduk, dan aliran masuk dari daerah tangkapan air. Namun, peningkatan IP pada kedalaman 5 m dan 10 m menunjukkan bahwa pencemar telah mengalami distribusi ke lapisan lebih dalam melalui mekanisme pencampuran air. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan kualitas air waduk perlu mempertimbangkan sumber pencemar eksternal serta dinamika internal badan air.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemantauan kualitas air Waduk Gajah Mungkur perlu dilakukan secara berkala dengan mempertimbangkan variasi waktu dan kedalaman. Informasi mengenai peningkatan BOD, COD, dan *total coliform* dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi pengendalian pencemaran, khususnya melalui pengelolaan daerah tangkapan air, pengurangan masukan limbah domestik, serta pengawasan aktivitas antropogenik di sekitar waduk. Penggunaan Indeks Pencemaran juga dapat menjadi alat pendukung dalam sistem evaluasi kualitas air karena mampu memberikan informasi kondisi perairan secara lebih sederhana namun tetap mempertimbangkan banyak parameter.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian untuk pengembangan kajian selanjutnya. Data yang digunakan masih terbatas pada periode pengamatan tertentu sehingga belum sepenuhnya menggambarkan variasi musiman dan perubahan kualitas air dalam jangka panjang. Selain itu, penelitian ini belum melakukan identifikasi sumber pencemar secara spesifik melalui pendekatan *source tracking*, sehingga hubungan antara aktivitas antropogenik tertentu dan peningkatan pencemar belum dapat ditentukan secara langsung. Penelitian lanjutan dapat dikembangkan dengan memperpanjang periode pemantauan, menambahkan parameter biologis dan nutrisi, serta mengintegrasikan pendekatan hidrodinamika waduk untuk memahami mekanisme penyebaran pencemar secara lebih komprehensif.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas air Waduk Gajahmungkur mengalami perubahan kondisi yang cenderung menurun berdasarkan hasil analisis Indeks Pencemaran (IP) antara tahun 2017 dan 2022. Penurunan kualitas air terutama dipengaruhi oleh peningkatan parameter pencemar organik dan mikrobiologis, yang ditunjukkan melalui kenaikan nilai BOD, COD, dan koliform fekal pada berbagai kedalaman pengambilan sampel. Nilai Indeks Pencemaran meningkat dari rentang 1,35–1,40 pada tahun 2017 menjadi 1,88–2,12 pada tahun 2022, dengan peningkatan tertinggi sebesar 56,8% terjadi pada kedalaman 0,3 m. Meskipun kondisi kualitas air Waduk Gajahmungkur masih berada dalam kategori tercemar ringan, peningkatan nilai IP

menunjukkan adanya tekanan terhadap kualitas perairan yang perlu mendapat perhatian. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa evaluasi kualitas air berdasarkan variasi kedalaman mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perubahan kondisi pencemaran pada ekosistem waduk.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pemantauan kualitas air secara berkala dengan periode pengamatan yang lebih panjang serta melibatkan parameter tambahan yang berkaitan dengan dinamika ekosistem perairan, seperti nutrisi, klorofil-a, dan parameter biologis. Bagi pengelola waduk dan praktisi lingkungan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam memperkuat sistem pemantauan kualitas air serta menyusun strategi pengendalian sumber pencemar, khususnya masukan bahan organik dan pencemar mikrobiologis dari daerah tangkapan air. Dari aspek kebijakan, diperlukan penguatan pengelolaan daerah aliran sungai melalui pengendalian aktivitas antropogenik, peningkatan pengawasan kualitas air, serta penerapan program konservasi sumber daya air secara terpadu untuk menjaga keberlanjutan fungsi Waduk Gajahmungkur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang memberikan dukungan moral dan materiil untuk pelaksanaan dan penyelesaian studi tentang kualitas air di Waduk Gajah Mungkur. Bantuan dan kontribusi berharga mereka sangat penting bagi keberhasilan penelitian ini.

REFERENSI

- Chen, Y., Zhang, Y., Wang, S., Li, X., & Liu, J. (2021). Assessment of microbial contamination and potential ecological risks in freshwater ecosystems influenced by anthropogenic activities. *Environmental Research*, 197, 111021. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111021>
- Da Costa, J. R., Santos, A. M., Silva, M. A., & Oliveira, R. C. (2022). Application of pollution index methods for integrated assessment of surface water quality in aquatic environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 756. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10416-9>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2003). *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Kualitas Air*. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup*.
- Kumar, S., & Goyal, M. K. (2025). Water policy review: Ensuring sustainable water management for India. *Journal of Environmental Management*, 388, 125823. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125823>
- Li, H., Liu, L., Li, M., Zhang, Y., & Wang, X. (2023). Assessment of water quality and pollution sources in reservoir ecosystems using multivariate statistical approaches. *Journal of Environmental Management*, 326, 116780. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116780>
- Nikoo, M. R., Zamani, M. G., Vanda, S., Farmani, R., Šimůnek, J., & Al Sinani, A. (2025). Future projections of thermal and chemical stratifications in reservoir under the impact of climate change. *Science of the Total Environment*, 984, 179722. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179722>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Rahim, A., & Soeprbowati, T. R. (2019). Water pollution index of Batujai reservoir, Central Lombok Regency-Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(3), 219–225. <https://doi.org/10.12911/22998993/99822>
- Rahman, M. S., Hossain, M. B., Ahmed, A. S. S., & Akter, M. (2023). Evaluation of surface water quality using water quality index and pollution assessment approaches. *Environmental Challenges*, 12, 100744. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100744>

- Rahmawati, D., Prasetyo, Y., & Nugroho, A. (2024). Microbial contamination assessment and environmental factors influencing coliform abundance in freshwater systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 24568–24581. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32381-9>
- Sari, D. P., & Wijaya, R. (2019). Application of pollution index method for determining water quality status in freshwater ecosystems. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 6(2), 75–82.
- Srikayanti, F. R. G., A'in, C., & Rudiayanti, S. (2025). Analysis of cadmium (Cd) heavy metal content in tilapia (*Oreochromis niloticus*) soft tissue in floating net cages of Gajah Mungkur Wonogiri Reservoir. *Journal of Maquares*, 12(1).
- Triyadi, R. A., Lukito, H., Wicaksono, A. P., Waisnawa, I. P. G. B., & Mulyana, A. (2025). Investigating water quality in depth variation of Gajahmungkur Reservoir. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1486(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1486/1/012045>
- Utami, S., & Trilaksana, A. (2015). Pembangunan Waduk Gajah Mungkur Tahun 1976–1986. *AVATARA, e-Journal Pendidikan Sejarah*, 3(1).
- Veras, C. E., Tobiason, J., Marques, A. C., Lee, Y., & Kumpel, E. (2025). Seasonal total coliform dynamics in a drinking water reservoir. *Water Research*, 284, 123850. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123850>
- Wang, J., Fu, Z., Qiao, H., & Liu, F. (2021). Assessment of water quality and identification of pollution sources in lake and reservoir systems using integrated approaches. *Science of the Total Environment*, 754, 142070. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142070>
- Wang, Y., Zhang, L., Zhang, H., & Chen, X. (2022). Effects of land use changes on water quality degradation in reservoir catchments. *Ecological Indicators*, 142, 109216. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109216>
- Xu, Z., Chen, K., Xu, C., Xie, Y., Cai, Y., & Yang, Z. (2025). Reservoir operation optimization approach accounting for methane emission mitigation and water quality improvement targets. *Journal of Hydrology*, 659, 133129. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133129>
- Zhang, J., Li, S., Dong, R., & Wang, Y. (2022). Effects of hydrodynamic mixing and stratification on nutrient distribution and water quality in reservoirs. *Water*, 14(18), 2864. <https://doi.org/10.3390/w14182864>
- Zhang, Q., Liu, Y., Wang, X., & Chen, Y. (2024). Fecal indicator bacteria as a marker for evaluating anthropogenic impacts on freshwater quality. *Science of the Total Environment*, 912, 168735. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168735>