

Analisis Perbedaan Indeks Pencemaran Air di Inlet dan Outlet Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat

Eka Wardhani^{1,2}, Muhammad Aulia Nur Rafi^{1*}, Athaya Zahrani Irmansyah³, Kancitra Pharmawati^{1,2}, Siti Ainun¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

²Pusat Kolaborasi Riset Daya Dukung Lingkungan Berkelanjutan (PKR-DDLB) BRIN-ITENAS Bandung

³Program Studi Matematika, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

*Koresponden email: maulianurrafi69@gmail.com

Diterima: 6 Agustus 2026

Disetujui: 13 Agustus 2026

Abstract

The Saguling Reservoir as the first reservoir in the Citarum River cascade plays a crucial role as an initial filter for pollutant loads from upstream. However, the rapid growth of domestic, industrial, and agricultural activities in the air catchment area, as well as the cultivation of Floating Net Cages (KPA), has triggered a significant decline in water quality. This study aims to identify the dominant parameters, water quality status, and temporal trends at the inlet and outlet of the Saguling Reservoir based on historical data from 2004 to 2025. The research methods include frequency analysis to identify dominant pollutant parameters, as well as the Pollutant Index (PI) method based on Ministry of Environment Decree No. 115 of 2003, using Class 2 water quality standards (Government Regulation No. 22 of 2021) as a reference. The results of the frequency analysis ($F > 50\%$) identified four dominant pollutant parameters that consistently exceeded quality standards at both monitoring points: Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Free Chlorine, and Phosphate. In general, the water quality status at the inlet and outlet falls into the Moderately Polluted category ($5.0 < PI \leq 10$). The average IP value during the dry season is higher than during the rainy season due to the concentration of pollutants. The high IP value is caused by high concentrations of H_2S . Overall, the Saguling Reservoir helps reduce pollutant loads from upstream. However, floating net cage aquaculture (KJA) activities and upwelling phenomena actually trigger the emergence of new pollutant parameters at the outlet, such as nitrite, phosphate, and H_2S .

Keywords: *pollutant index, dominant parameters, inlets and outlets, saguling reservoir*

Abstrak

Waduk Saguling sebagai waduk pertama dalam kaskade Sungai Citarum memegang peranan krusial sebagai penyaring awal beban pencemar dari hulu. Namun, pesatnya pertumbuhan aktivitas domestik, industri, dan pertanian di daerah tangkapan air, serta budidaya Keramba Jaring Apung (KJA), memicu penurunan mutu air secara signifikan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi parameter dominan, status mutu air dan tren temporal pada titik *inlet* dan *outlet* Waduk Saguling berdasarkan data historis periode 2004–2025. Metode penelitian meliputi analisis frekuensi untuk mengidentifikasi parameter pencemar dominan serta metode Indeks Pencemar (IP) berdasarkan Kepmen LH No. 115 Tahun 2003 dengan acuan baku mutu air Kelas 2 (PP No. 22 Tahun 2021). Hasil analisis frekuensi ($F > 50\%$), mengidentifikasi 4 parameter pencemar dominan yang konsisten melampaui baku mutu pada kedua titik pemantauan, yaitu *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), Klorin Bebas, dan Fosfat. Secara umum, status mutu air *Inlet* dan *Outlet* berada pada kategori Cemar Sedang ($5,0 < IP \leq 10$). Rata-rata nilai IP pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan musim hujan akibat efek pengentalan beban pencemar. Tingginya nilai IP dipicu oleh tingginya konsentrasi H_2S . Secara keseluruhan, Waduk Saguling berkontribusi mereduksi beban pencemar dari hulu. Meski demikian, aktivitas KJA serta fenomena umbalan justru memicu parameter pencemar baru dititik *Outlet*, seperti nitrit, fosfat, dan H_2S .

Kata Kunci: *indeks pencemar, parameter dominan, inlet dan outlet, waduk saguling*

1. Pendahuluan

Waduk merupakan infrastruktur sumber daya air yang memiliki peranan penting dalam pemanfaatan air bagi kebutuhan manusia, seperti penyedia air baku, irigasi, serta penunjang aktivitas ekonomi dan pembangunan [1]. Selain itu, waduk juga berfungsi untuk memenuhi kebutuhan yang lain seperti untuk keperluan domestik, industri, pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, serta konservasi ekosistem

perairan [2]. Maka, untuk menunjang keberlanjutan fungsi tersebut, kualitas air yang baik sangat penting untuk diperhatikan.

Pengelolaan kualitas air pada perairan tenang seperti waduk merupakan tantangan yang berat karena kualitas air dipengaruhi oleh faktor alami dan aktivitas manusia [3]. Kualitas air pada waduk dipengaruhi oleh pencemaran yang berasal dari aliran sungai di daerah tangkapan air maupun aktivitas yang terjadi di dalam waduk itu sendiri [4]. Di daerah tangkapan air, pencemaran kualitas air meningkat seiring dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan [5]. Perubahan tata guna lahan (deforestasi, pembukaan lahan pertanian, urbanisasi, pembangunan infrastruktur) dan aktivitas manusia, berkontribusi besar terhadap penurunan kualitas air sungai yang berdampak pada kualitas air waduk [6].

Waduk Saguling merupakan salah satu waduk di kaskade Sungai Citarum bersama Waduk Cirata dan Jatiluhur yang pertama kali menerima aliran langsung dari DAS Citarum Hulu sebelum dialirkan ke hilir [7]. Menurut PT Indonesia Power, Waduk Saguling ini berfungsi sebagai pembangkit energi listrik se Jawa-Bali yang juga digunakan untuk budidaya perikanan keramba jaring apung (KJA). Peningkatan jumlah KJA pada waduk dapat menyebabkan penurunan kualitas air akibat sisa pakan ikan [8].

Beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji kondisi kualitas air Waduk Saguling di antaranya Marselina dan Burhanudin yang membahas mengenai status trofik Waduk Saguling yang berada pada kategori hipertrofik selama periode 1999-2013 [7]. Lalu penelitian Wiranegara, menunjukkan bahwa penambahan volume air pada musim hujan tidak selalu mengencerkan konsentrasi pencemar, melainkan dapat memperburuk kualitas air akibat masifnya limpasan dari hulu DAS Citarum [9]. Serta Subehi dan Alkhadher yang membahas pengaruh aktivitas KJA dan variasi musiman terhadap kualitas air waduk [10], [11]. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada status mutu air di dalam badan waduk dan belum ditemukan penelitian yang membahas mengenai *Inlet-Outlet* Waduk Saguling dari hulu Sungai Citarum. Sehingga hal ini menjadi celah kebaruan untuk penelitian ini dengan membandingkan kualitas air pada titik *Inlet* dan *Outlet*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengelola Waduk Saguling (PT Indonesia Power) dan instansi pemerintah terkait dalam merencanakan strategi pengelolaan dan pengendalian pencemaran air pada sistem kaskade Sungai Citarum.

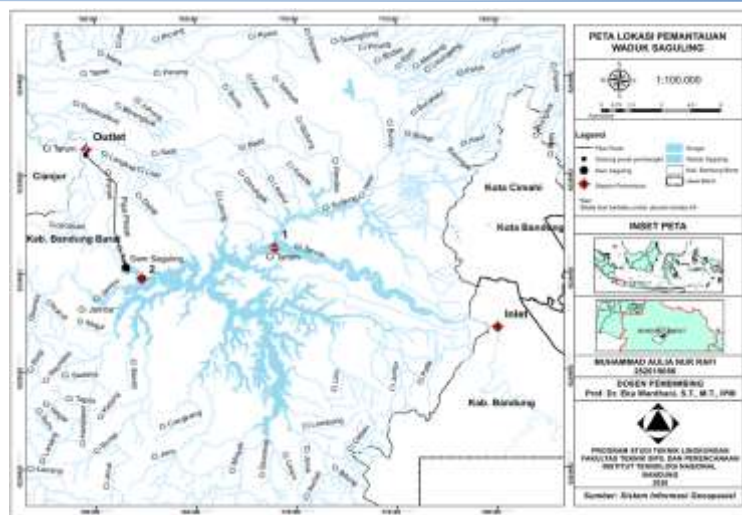
2. Metode Penelitian

Ruang Lingkup Penelitian

Lokasi studi bertempat di *inlet* dan *outlet* serta 2 titik pemantauan pada badan waduk. Penelitian dilakukan pada Februari 2026 sampai dengan Agustus 2026. Analisis menggunakan data sekunder historis kualitas air selama 22 tahun (periode tahun 2004 hingga 2025) dan temporal yaitu musim hujan dan kemarau. Baku mutu kualitas air merujuk pada PP 22/2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup kelas 2 peruntukan air sungai dan sejenisnya. Penentuan status mutu air menggunakan metode Indeks Pencemar merujuk pada Kepmen LH No. 115 tahun 2003 pedoman penentuan status mutu air.

Metodologi

Proses persiapan dalam penelitian ini adalah survei pendahuluan. Pelaksanaan survei pendahuluan dilakukan pada tanggal 14 April 2026 dalam rangka diskusi dengan Indonesia Power UBP Saguling selaku pengelola waduk dan pada tanggal 17 Juni 2026 dalam rangka survei awal ke lokasi studi. Peta Lokasi pemantauan dapat dilihat pada **Gambar 1**. Observasi kualitas air dalam penelitian ini difokuskan pada stasiun *Inlet* sebagai representasi beban pencemaran yang masuk dari hulu DAS Citarum, dan stasiun *Outlet* sebagai representasi kualitas air yang keluar dari bendungan. Selain membandingkan kedua stasiun utama tersebut, penelitian ini juga mengkaji data dari titik pemantauan 1 dan titik pemantauan 2 yang berlokasi di area tengah perairan. Pemilihan titik pemantauan 1 dan 2 ini berfungsi untuk merepresentasikan kualitas air pada badan waduk sebelum akhirnya mengalir dan dilepaskan ke *Outlet*.



Gambar 1: Peta Lokasi Pemantauan
Sumber: Sistem Informasi Geospasial (2026)

Stasiun Pemantauan Titik Inlet

Titik *Inlet* merupakan lokasi masuknya aliran Sungai Citarum ke dalam badan Waduk Saguling yang berada di Nanjung pada $6^{\circ}56'29,8''\text{S}$ dan $107^{\circ}32'10,7''\text{E}$. Titik *Inlet* ini merepresentasikan kualitas air sebelum mengalami proses yang terjadi di dalam waduk. Berdasarkan observasi visual di lapangan, terlihat bahwa aliran air pada titik observasi ini terlihat relatif tenang. Warna air terlihat keruh gelap dan terdapat sedikit sampah.

Stasiun Pemantauan Titik Outlet

Titik *Outlet* berada di Bantar Caringin terletak tidak jauh dari *Tailrace* pada $6^{\circ}51'11,35''\text{S}$ dan $107^{\circ}20'57,59''\text{E}$. Titik *Outlet* ini merepresentasikan kualitas air setelah mengalami proses yang terjadi di dalam waduk. Berbeda halnya dengan kondisi eksisting pada titik *Inlet*, kondisi eksisting pada *Outlet* yang terlihat lebih jernih serta aliran yang lumayan deras. Titik ini juga berada di sekitar perumahan warga setempat.

Stasiun Pemantauan Titik 1

Stasiun pemantauan 1 berada di Muara Cihaur daerah dermaga Maroko dengan koordinat $107^{\circ}25'53,63''\text{E}$ dan $6^{\circ}54'13,99''\text{S}$. Titik ini merepresentasikan kualitas air yang berada pada badan waduk. Stasiun 1 ini menjadi pintu masuk air dari sungai Citarum ke Waduk Saguling. Sumber pencemar di stasiun ini berasal dari kegiatan keramba jaring apung.

Stasiun Pemantauan Titik 2

Stasiun pemantauan 2 ini berada di dekat intake dengan koordinat $107^{\circ}22'26,83''\text{E}$ dan $6^{\circ}55'4,32''\text{S}$. Titik ini merepresentasikan kualitas air sebelum akhirnya dikeluarkan melalui pipa pesat. Kondisi eksisting di titik 2 ini merupakan *clear area* sehingga tidak terdapat KJA di sekitarnya. Berdasarkan hasil observasi di lapangan, terlihat juga bahwa pada titik ini menghasilkan gelembung-gelembung ke permukaan.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu data sekunder. Pengumpulan data sekunder pada penelitian ini dilakukan untuk menunjang pengerjaan penelitian. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan data sekunder yang diperoleh dari PT. Indonesia Power. Berikut ini merupakan data sekunder yang diperlukan pada penelitian ini yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Sekunder

Jenis Data	Sumber	Kegunaan Data
Data kualitas air waduk saguling tahun 2004-2025	PT. IP UBP Saguling	Menganalisis kualitas air
Data Administrasi Waduk Saguling	PT. IP UBP Saguling	Mengetahui gambaran umum waduk saguling

Sumber: Hasil Analisis, (2026)

Data kualitas air periode 2004-2025 bertujuan menganalisis kualitas air. Data administrasi Waduk Saguling digunakan untuk menyusun gambaran umum wilayah studi. Terdapat 2 metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu evaluasi kualitas air untuk menentukan parameter dominan dan penentuan status mutu air pada titik *Inlet* dan *Outlet*. Data tersebut diolah menggunakan *Software Microsoft*

Excel kemudian diplot ke dalam bentuk grafik fluktuasi garis (*line chart*) untuk menganalisis arah tren jangka panjang.

Analisis Kualitas Air dan Penentuan Parameter Dominan

Tahap ini bertujuan untuk menyaring parameter pemantauan menjadi beberapa parameter dominan yang paling sering melebihi baku mutu.

1. Data konsentrasi dari semua titik pemantauan pada musim hujan dan kemarau, dibandingkan dengan Lampiran VI Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 Baku Mutu Air Sungai Kelas 2.
2. Menghitung frekuensi parameter melebihi baku mutu untuk mengidentifikasi parameter yang melebihi baku mutu menggunakan persamaan:

$$F = \frac{n_{Melebihi}}{n_{Total}} \quad (1)$$

Keterangan:

F = Persentase frekuensi parameter melebihi baku mutu (%),

$n_{Melebihi}$ = Jumlah sampel yang melebihi baku mutu,

n_{Total} = Jumlah total sampel keseluruhan (2004-2025).

3. Parameter dengan $F > 50\%$ akan ditetapkan sebagai parameter dominan.

Penentuan Status Mutu Air Menggunakan Metode Indeks Pencemaran (IP)

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui status mutu kualitas air Waduk Saguling pada musim hujan dan kemarau selama kurun waktu 2004-2025. Penentuan status mutu air dalam kajian ini menggunakan metode Indeks Pencemaran yang mengacu pada Peraturan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (Kepmen) No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Persamaan untuk mendapatkan status mutu air adalah sebagai berikut.

$$Plj = \frac{\sqrt{(Ci/Lij)^2_{maks} + (Ci/Lij)^2_{rata}}}{2} \quad (2)$$

Keterangan:

Plj = Indeks Pencemaran bagi peruntukan j

Ci = Konsentrasi parameter kualitas i

Lij = Konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air

$(Ci/Li)_{maks}$ = Nilai maksimum perbandingan

$(Ci/Li)_{rata}$ = Nilai rata-rata perbandingan

Status mutu air dikategorikan baik jika nilai IP ($0 < IP < 1,0$), Cemar ringan jika nilai IP ($1 < IP < 5$), Cemar sedang jika nilai IP ($5 < IP < 10$) dan Cemar berat, dengan nilai IP ($10 > IP$).

3. Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Lokasi Studi

Berdasarkan PT. Indonesia Power Waduk Saguling terletak di Kecamatan Saguling, Kabupaten Bandung Barat, pada ketinggian sekitar 643 meter di atas permukaan air laut (mdpl), dengan luas genangan sekitar 5.300–5.600 hektar dan daya tampung sekitar 609 juta m^3 . Fungsi utama Waduk Saguling adalah sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan kapasitas terpasang sebesar 700 megawatt (MW) yang mampu menghasilkan energi listrik sebesar ± 2.156 gigawatt-jam (GWh) per tahun. Selain sebagai sumber energi listrik, Waduk Saguling juga berfungsi sebagai pengendali banjir bagi wilayah hilir Sungai Citarum (Karawang, Purwakarta, dan Bekasi), memperpanjang usia layanan Waduk Jatiluhur akibat berkurangnya laju sedimentasi yang masuk, serta dimanfaatkan sebagai prasarana perikanan darat melalui budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) dan sebagai objek wisata air.

Sebagai waduk pertama pada sistem kaskade Sungai Citarum, Waduk Saguling menerima langsung aliran air dari hulu Sungai Citarum yang telah melewati kawasan permukiman, pertanian, dan industri di wilayah Kabupaten Bandung, Kota Bandung, dan Kota Cimahi, sehingga menjadikan Waduk Saguling sebagai titik penyaringan pertama terhadap beban pencemar sebelum air mengalir menuju Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur di bagian hilir. Kondisi ini menjadikan Waduk Saguling rentan terhadap akumulasi bahan pencemar, baik yang bersumber dari limbah domestik, industri, maupun aktivitas pertanian di sepanjang daerah tangkapan air (*catchment area*) di bagian hulu.

Evaluasi Kualitas Air

Evaluasi kualitas air ini dilakukan dengan membandingkan parameter pemantauan di titik *Inlet* serta *Outlet* dengan baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 Kelas 2. Kemudian dilakukan inventarisasi mengenai parameter-parameter yang melebihi baku mutu di titik *inlet* dan *Outlet* selama periode 2004-2025 pada musim hujan dan kemarau. Hasil menunjukkan bahwa pada musim hujan dan kemarau, jumlah parameter melebihi baku mutu di *Outlet* lebih rendah dibanding *Inlet*. Hal ini menunjukkan bahwa Waduk Saguling secara umum berperan memperbaiki kualitas air Sungai Citarum jika dilihat dari jumlah parameter yang melebihi baku mutu. Namun hal tersebut tidak menjelaskan bahwa Waduk Saguling dapat memperbaiki kualitas air secara spesifik karena jika dilihat lagi, hanya beberapa parameter seperti TSS yang berhasil memenuhi baku mutu pada *Outlet* karena adanya proses sedimentasi terjadi ketika air melewati waduk [12].

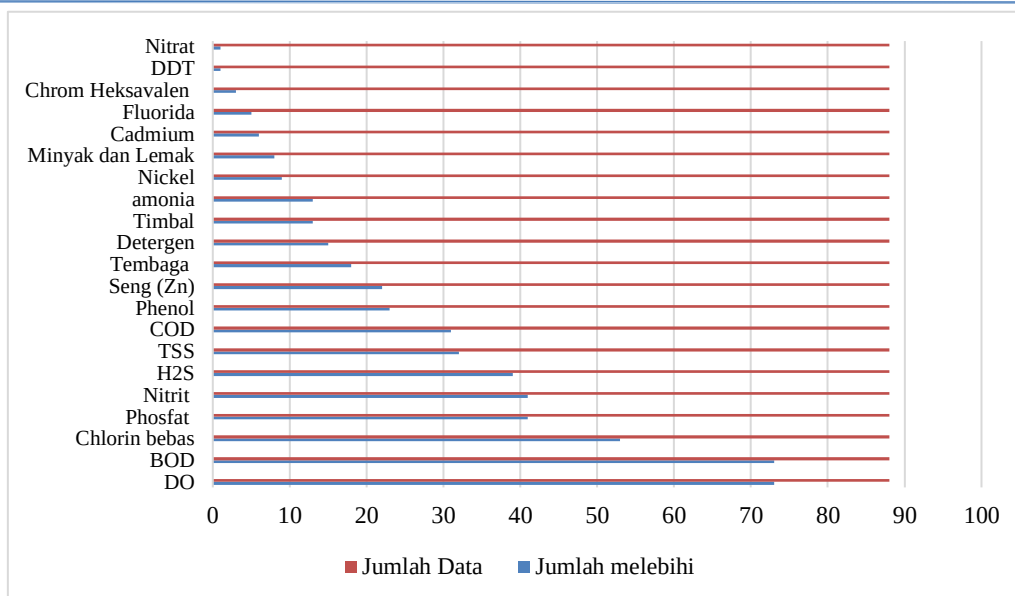
Pada beberapa tahun pengamatan, Waduk Saguling ini justru menghasilkan parameter pencemar baru pada *Outlet* seperti parameter nitrit dan fosfat yang berasal dari sisa pakan aktivitas KJA [9]. Selain itu juga terdapat parameter pencemar H_2S yang terdapat di *Outlet*. Hal ini terjadi akibat proses umbalan dimana lapisan air bagian bawah yang anaerob dan mengandung senyawa beracun seperti H_2S terangkat ke permukaan. Akibatnya seluruh badan air kehabisan oksigen, dan sekaligus mengandung senyawa beracun [13].

Karakteristik kualitas air pada titik *Inlet* musim hujan, parameter yang konsisten melebihi baku mutu adalah BOD, COD, TSS, DO, Klorin Bebas dan parameter nutrient seperti Nitrit dan Fosfat. Parameter BOD, COD, dan TSS di stasiun *Inlet* menunjukkan langsung tingginya beban pencemaran organik dari DAS Citarum Hulu [14]. Tingginya beban organik tersebut membuat DO menurun akibat proses dekomposisi [15]. Klorin bebas berasal limbah industri tekstil dari hulu [16]. Parameter nutrien seperti nitrat dan fosfat umumnya berasal dari sektor pertanian yang menggunakan pupuk, serta limbah domestik [17].

Namun, di titik *Inlet* karakteristik kualitas air pada musim kemarau dapat dilihat bahwa terdapat parameter seperti logam berat, sianida dan fluorida yang berasal dari limbah industri [18]. Hal ini dikarenakan pada musim kemarau sungai mendapatkan masukan air yang sedikit dari lokasi tersebut dan masukan limbah dari sumber pencemar menjadi tidak teralirkan karena debit yang masuk turun drastis sedangkan volume kegiatan industri tetap dan beban pencemar yang dikeluarkan juga tetap bahkan lebih [19].

Identifikasi Parameter Dominan

Penentuan parameter dominan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode analisis frekuensi berdasarkan persamaan (1). Perhitungan dilakukan dari hasil inventarisasi parameter melebihi baku mutu (hujan dan kemarau) di titik *Inlet* dan *Outlet*. Parameter dominan dipilih berdasarkan persentase frekuensinya yang >50%. Pada musim hujan, DO, BOD dan Klorin bebas adalah parameter yang teridentifikasi persentase frekuensinya melebihi baku mutu >50%. Sedangkan pada musim kemarau, BOD, DO dan Fosfat adalah parameter yang teridentifikasi persentase frekuensinya melebihi baku mutunya >50%. Sehingga terdapat 4 parameter yang teridentifikasi sebagai pencemar dominan yaitu BOD, DO, Klorin bebas dan Fosfat. Parameter dominan ini menunjukkan bahwa BOD, DO, Klorin bebas dan Fosfat merupakan parameter yang hampir setiap periode pengamatan melebihi baku mutu di *Inlet* dan *Outlet* pada musim hujan dan kemarau. Untuk memudahkan hasil perbandingan jumlah parameter melebihi baku mutu terhadap total jumlah pengamatan, data tersebut diinterpretasikan dengan menggabungkan jumlah parameter melebihi baku mutu antara musim hujan dan kemarau ke dalam satu bentuk grafik *clustered bar* yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2: Grafik parameter dominan
Sumber: Hasil Analisis (2026)

Analisis Status Mutu Air

Analisis status mutu air dilakukan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran di Titik *Inlet*, 1, 2 dan *Outlet* di Waduk Saguling pada musim hujan dan kemarau. Evaluasi ini menggunakan metode IP berdasarkan Kepmen LH No. 115 Tahun 2003. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai IP disajikan **Tabel 2**.

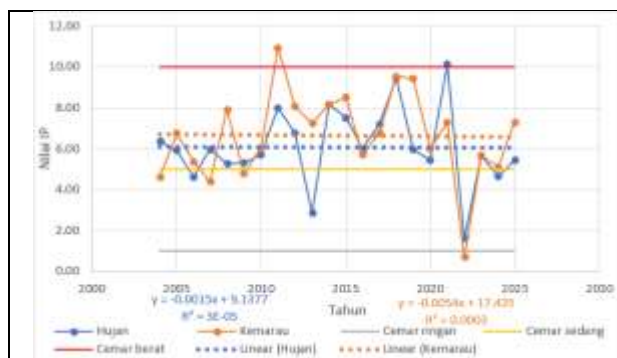
Tabel 2. Rekapitulasi Nilai IP Berdasarkan Musim

Tahun	<i>Inlet</i>	1	2	<i>Outlet</i>	<i>Inlet</i>	1	2	<i>Outlet</i>
	Hujan				Kemarau			
2004	6,34	5,95	6,66	2,45	4,63	4,93	5,09	5,92
2005	5,91	4,10	6,59	4,58	6,72	6,40	1,77	2,04
2006	4,62	9,93	4,73	6,44	5,39	6,47	8,78	3,04
2007	5,99	6,79	5,86	5,63	4,39	5,60	3,05	3,16
2008	5,26	5,01	6,46	6,18	7,91	9,34	5,84	7,63
2009	5,31	4,71	4,30	5,22	4,75	4,71	6,94	6,39
2010	5,71	4,28	5,52	6,65	6,03	2,86	2,43	2,68
2011	8,01	7,26	7,25	7,60	10,90	16,93	6,93	10,74
2012	6,73	5,16	4,94	4,58	8,08	16,84	7,12	6,63
2013	2,84	8,37	9,31	8,65	7,24	8,50	7,66	8,62
2014	8,17	7,14	5,70	5,88	8,17	6,01	4,59	5,88
2015	7,52	6,16	6,17	7,48	8,51	3,07	2,56	5,77
2016	5,99	1,24	1,38	7,41	5,69	1,12	2,79	5,29
2017	7,21	5,77	2,86	7,79	6,75	8,24	1,16	5,63
2018	9,44	8,19	6,77	10,73	9,55	8,32	7,87	8,72
2019	5,95	12,82	6,22	6,61	9,45	8,27	7,85	10,75
2020	5,42	4,89	4,92	5,38	6,01	4,90	4,98	5,77
2021	10,14	1,18	9,11	9,03	7,27	2,04	3,40	6,18
2022	1,63	2,38	0,73	0,69	0,71	1,25	0,70	0,57
2023	5,64	0,74	0,68	1,38	5,63	0,74	1,03	1,82
2024	4,66	3,58	2,98	3,31	5,12	2,04	2,32	2,87
2025	5,44	2,58	2,64	5,97	7,31	3,21	5,56	4,20
Rata rata nilai IP	6,09	5,37	5,08	5,89	6,65	5,99	4,56	5,47

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan **Tabel 2**, Waduk Saguling berada pada status cemar sedang pada semua stasiun pemantauan peruntukan rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, baik pada musim hujan maupun kemarau dengan nilai IP berada pada rentang $5,0 < \text{PI} \leq 10$. Rata-rata nilai IP pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan musim hujan akibat efek pengentalan

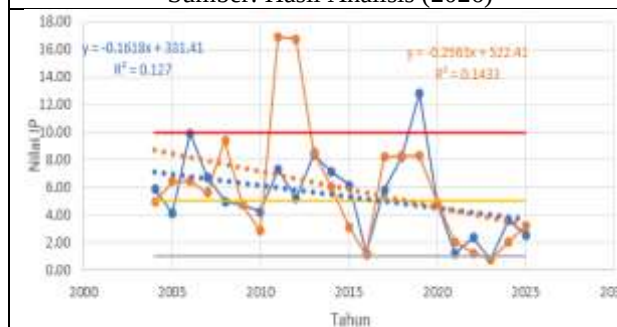
beban pencemar. Untuk melihat pola sebaran nilai IP pada **Tabel 2**, data tersebut diolah ke dalam bentuk grafik tren yang dapat dilihat pada **Gambar 3-6**.



Gambar 3. Grafik tren nilai IP pada stasiun *Inlet*
Sumber: Hasil Analisis (2026)



Gambar 4. Grafik tren nilai IP pada stasiun *Outlet*
Sumber: Hasil Analisis (2026)



Gambar 5. Grafik tren nilai IP pada stasiun 1
Sumber: Hasil Analisis (2026)



Gambar 6. Grafik tren nilai IP pada stasiun 2
Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan **Gambar 3 - 6**, hasil analisis regresi linier terhadap nilai Indeks Pencemar pada semua stasiun pemantauan bahwa seluruh garis tren memiliki nilai negatif. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan penurunan (kualitas membaik) nilai IP selama periode 2004–2025. Namun, nilai R^2 yang sangat kecil menunjukkan lemahnya hubungan antara tahun terhadap tren kualitas air. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kualitas air Waduk Saguling lebih dipengaruhi oleh fluktuasi beban pencemar dari daerah tangkapan air dan aktivitas di waduk.

Nilai IP yang sangat mempengaruhi pada tahun-tahun tersebut adalah H_2S . Sulfida berasal dari limbah industri atau dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik yaitu proses reduksi sulfat oleh bakteri pada kondisi anaerob. Apabila di perairan tidak terdapat oksigen, maka sulfat berperan sebagai sumber oksigen pada proses oksidasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob. Pada kondisi ini ion sulfat direduksi menjadi ion sulfid yang membentuk kesetimbangan dengan ion hidrogen untuk membentuk hidrogen sulfida [12]. Setelah H_2S ini terbentuk di dasar perairan oleh bakteri anaerob dan terakumulasi, terjadi proses umbalan (*Upwelling*) dimana massa air dari lapisan dasar berbalik menuju lapisan permukaan [20]. Akibatnya seluruh badan air kehabisan oksigen, dan sekaligus mengandung senyawa beracun sehingga semua fauna tidak akan bisa bertahan hidup dan mati secara massal [13].

Analisis Parameter Kualitas Air

DO

Parameter DO merupakan indikator yang berperan penting dalam penentuan kualitas suatu perairan. Evaluasi DO menggunakan batas minimum berdasarkan (PP) 22 tahun 2021 Kelas 2, dimana konsentrasi DO di dalam perairan tidak boleh kurang dari 4 mg/L. Rekapitulasi hasil pengukuran nilai DO pada stasiun *Inlet*, 1, 2 dan *Outlet* Waduk Saguling selama periode 2004–2025 disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai DO Berdasarkan Musim

Tahun	Hujan				Kemarau			
	inlet	1	2	outlet	inlet	1	2	outlet
2004	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0,91	3,13	2,6	2,06	3,4	4	4,4	1,8
2008	1,8	2,1	3,6	5	2,8	3,4	4,1	3,2
2009	5,9	3,6	4,14	5,6	0,9	3,6	4,5	1,5
2010	2,5	2,7	4,2	1,8	1,9	4,6	4,6	1,8
2011	0,9	3,43	3,3	2,5	0	0	0	0
2012	1,2	2,07	2,27	3	0,1	0,1	0,1	0,1
2013	3	2,3	2,3	1,80	3	5,7	5	1,8
2014	2	2,2	2,3	2,8	2	0,6	2	2,8
2015	1,8	5,7	5,4	1,5	1,8	2	5	2,4
2016	2	1	4,5	2,7	1,2	1,3	5	1,5
2017	4,6	2,2	5,7	2,6	2,8	1,7	6	2,9
2018	1,7	2,7	4,2	2,2	1,5	0,9	3	2,2
2019	1,3	1,6	5,3	4,9	1,5	2,9	5	2,6
2020	2,5	5,5	6,9	4,1	3,53	5,7	3,48	6,29
2021	4	3,95	4,4	4,3	2,8	5,7	4,9	7
2022	4,32	5,4	4,1	4,4	4,05	5	4,8	4,8
2023	1,85	4,88	5,93	2,42	4,07	4,88	4,8	5,2
2024	2	6	7	2	0,5	4,9	6	1,4
2025	1	5	7	2	3,7	6	7	6

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan **Tabel 3**, terlihat pada tahun 2004–2006, di mana nilai DO tercatat pada angka 0 mg/L di semua stasiun pada musim hujan dan kemarau. DO dipengaruhi oleh proses re-aerasi dari atmosfer dan aktivitas fotosintesis organisme perairan sebagai sumber oksigen, sedangkan besarnya DO juga dipengaruhi oleh suhu, arus atau pergerakan air, serta beban bahan organik yang menggunakan oksigen untuk proses dekomposisi [21], [22]. Namun, DO yang tinggi pada perairan waduk ini tidak serta-merta menunjukkan bahwa kualitas air semakin baik. Ketersediaan nutrien yang tinggi, khususnya fosfat, dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis alga sehingga menghasilkan oksigen dalam jumlah besar dan menyebabkan kondisi supersaturation, terutama pada siang hari [23].

BOD

Kadar BOD dapat mengindikasikan banyaknya kandungan bahan organik yang ada di perairan [24]. Berdasarkan (PP) 22 tahun 2021 Kelas 2, baku mutu BOD adalah 3 mg/L. Rekapitulasi kadar untuk parameter BOD selama periode 2004–2025 disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai BOD Berdasarkan Musim

Tahun	Hujan				Kemarau			
	inlet	1	2	outlet	inlet	1	2	outlet
2004	11,73	14	5,637	6,978	16,9	6,282	5,809	3,01
2005	12,88	6,91	4,49	2,72	10,4	6,8	5,8	4,2
2006	14,3	8,12	6,85	9,28	30	8	11,3	13,5
2007	20,45	10,33	6,77	9,95	31,78	12,85	13,49	14,55
2008	41,8	10,24	15,01	6,18	58,3	11,25	9,67	6,56
2009	30,96	15,5	14,53	10,83	39,35	15,5	12,3	10,42
2010	32,31	5,84	12,33	5,53	35,85	9,79	9,06	4,52
2011	31,11	26,11	9,51	14,26	25,19	12,6	20,47	23,62
2012	35,99	10,24	10,55	9,43	9,11	17,2	18,22	6,07
2013	4,26	5,53	6,83	7,55	4,26	6,04	7,12	7,55
2014	26,11	9,27	5,22	4,38	26,11	11,12	4,21	4,38
2015	15,21	4,29	5,19	6,39	72,62	5,92	3,95	0,79
2016	8,22	7,92	2,74	1,96	26,21	6,08	11,54	4,91
2017	24,01	3,81	0,30	1,07	9,52	79,25	3,43	4,57

Tahun	Hujan				Kemarau			
	<i>inlet</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>outlet</i>	<i>inlet</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>outlet</i>
2018	25,48	8,72	7,13	6,18	30,11	11,58	4,63	7,92
2019	18,66	18,37	6,75	5,31	14,42	7,77	5,71	3,01
2020	4,96	2,16	2,02	2,08	15,44	2,33	2,46	1,17
2021	10	3	3	5	13,63	4,16	2,49	2,37
2022	2,92	4,5	2,92	2,86	2,64	2,44	2,82	2,38
2023	2,54	1,89	1,98	2,4	2,1	1,98	2,12	2,18
2024	15	14	10	8	3,4	5	4	4
2025	16	8	4	9	8	4	9	5,8

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan **Tabel 4**, kadar BOD pada semua stasiun secara umum masih melebihi baku mutu sebesar 3 mg/l. Hal ini menunjukkan masifnya beban organik yang dari DAS Citarum hulu yang membawa limbah domestik, aktivitas pertanian (sampah organik dari lahan pertanian), serta *discharges* dari pemukiman dan perkotaan menyebabkan nilai BOD tinggi [25]. Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan indikator utama untuk mengukur beban cemaran organik di dalam perairan, yang merepresentasikan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik [26]. Tren pada BOD sejalan dengan tren DO. Nilai BOD dan DO memiliki hubungan terbalik atau korelatif negatif jika nilai DO tinggi sedangkan nilai BOD rendah berarti indikator pencemaran rendah atau air bersih sedangkan jika nilai DO rendah dan nilai BOD tinggi menunjukkan bahwa adanya pencemaran air [27].

Klorin Bebas

Berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Kelas 2, baku mutu klorin bebas adalah 0,03 mg/l. Rekapitulasi data kualitas air untuk parameter klorin bebas di stasiun *Inlet*, Stasiun 1, Stasiun 2 dan *Outlet* Waduk Saguling selama periode 2004–2025 disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Klorin Bebas Berdasarkan Musim

Tahun	Hujan				Kemarau			
	<i>inlet</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>outlet</i>	<i>inlet</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>outlet</i>
2004	1,08	0,9	1,44	0	0,324	0,462	0,501	0,864
2005	0,72	0	0,12	0,36	1,44	1,2	0	0
2006	0,36	0,42	0	0,54	0	1,26	5,52	0
2007	0,9	1,56	0,84	0,72	0	0,72	0	0
2008	0,54	0,48	0,54	0,54	2,88	8,04	0,81	0
2009	0,54	0,4	0	0,54	0	0,4	1,7	0
2010	0,72	0,3	0	0	0,9	0,12	0	0
2011	0,69	0,24	0,73	2,27	0,608	0,394	0,398	0,479
2012	1,44	0,54	0	0,36	0,4	0,567	0,313	0,745
2013	-	-	-	-	2,06	0,87	0,43	0,54
2014	3,41	0,74	0,74	0,85	3,41	0,33	0,2	0,85
2015	2,42	1,04	1,04	2,42	2,07	0	0,000	0
2016	8,22	0	0,00	1,96	26,21	0	0,000	4,91
2017	1,8	0,72	0,00	2,88	1,44	3,92	0,000	0,72
2018	8,208	3,78	1,44	19,84	8,46	4,1	2,941	5,4
2019	0,864	7,866	1,03	1,37	8,208	4,104	2,941	19,84
2020	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,01
2021	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,07	0,08	0,07
2022	0,018	0,1	0,011	0	0	0,011	0,011	0
2023	0	0,011	0,011	0	0,024	0,011	0,011	0,013
2024	0,02	0,19	0,07	0,04	0,02	0,07	0,03	0,01
2025	0,2	0,1	0,1	0	0,3	0,1	0,05	0,2

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan **Tabel 5**, menunjukan bahwa data konsentrasi klorin bebas yang berfluktuatif sangat *ekstrem*. Sebagian kecil data menunjukan konsentrasi yang sangat jauh dengan baku mutu. Secara teoritis, Klorin dapat berasal dari berbagai aktivitas yang menggunakan senyawa klorin, seperti proses industri, pengolahan air, limbah domestik, dan kegiatan lainnya [28]. Klorin juga bersifat reaktif dan merupakan

oksidator sehingga keberadaannya di perairan dapat berubah akibat interaksi dengan berbagai senyawa yang terdapat di dalam air [16]. Lonjakan kadar klorin bebas tersebut mengindikasikan bahwa perubahan konsentrasinya lebih berkaitan dengan masukan dari sumber pencemar. Sumber tersebut berasal dari aktivitas di daerah tangkapan air, seperti limbah industri, penggunaan desinfektan dalam pengolahan air, limbah domestik, serta aktivitas pertanian yang menggunakan pestisida mengandung klorin [16].

Fosfat

Parameter fosfat merupakan indikator utama yang merepresentasikan tingkat kesuburan perairan. Berdasarkan regulasi PP No. 22 Tahun 2021 Kelas 2, baku mutu fosfat adalah 0,2 mg/L. Rekapitulasi data kualitas untuk parameter fosfat di stasiun *Inlet*, Stasiun 1, Stasiun 2 dan *Outlet* Waduk Saguling selama periode 2004–2025 disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai Fosfat Berdasarkan Musim

Tahun	Hujan				Kemarau			
	<i>inlet</i>	1	2	<i>outlet</i>	<i>inlet</i>	1	2	<i>outlet</i>
2004	0,242	0,113	0,25	0,27	0,107	0,075	0,09	0,017
2005	0,171	0,124	0,075	0,021	0,287	0,146	0,248	0,283
2006	0,251	0,194	0,29	0,287	0,146	0,143	0,15	0,13
2007	0,182	0,059	0,112	0,068	0,174	0,19	0,142	0,207
2008	0,137	0,523	0,53	0,536	0,264	0,171	0,161	0,222
2009	0,158	0,2	0,29	0,049	0,33	0,2	0,225	0,342
2010	0,309	0,29	0,313	0,283	0,071	0,219	0,243	0,257
2011	0,213	0,44	0,94	0,36	0,185	0,471	0,462	0,207
2012	0,083	0,203	0,254	0,266	0,74	2,872	0,347	0,201
2013	0,272	0,243	0,222	0,202	0,272	0,214	0,207	0,202
2014	0,209	0,057	0,023	0,037	0,209	0,051	0,043	0,037
2015	0,119	0,096	0,064	0,070	0,26	0,14	0,130	0,15
2016	0,216	0,132	0,22	0,19	0,314	0,13	0,122	0,117
2017	0,161	0,345	0,16	0,229	0,506	0,078	0,265	0,314
2018	0,262	0,229	0,20	0,014	0,366	0,171	0,156	0,132
2019	0,057	0,026	0,03	0,034	0,114	0,083	0,075	0,073
2020	0	0,1	0,1	0,13	0,03	0,57	0,59	0,04
2021	0	0,111	0,068	0	0,96	0,1	0,06	0,08
2022	0	0,06	0,14	0	0	0,14	0,14	0
2023	0,1	0,1	0,055	0,037	0,24	0,088	0,059	0,041
2024	0,3	0,05	0,05	0	0,5	0,12	0,05	0
2025	0,6	0,06	0,1	0	-	0,5	0,06	0,2

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Kandungan fosfat yang tinggi bersumber dari limbah domestik pemukiman perkotaan yang mengandung sisa detergen, serta limpasan pupuk pertanian [29]. Pada perairan Waduk Saguling, fosfat juga bersumber dari sisa pakan ikan (pelet) dan feses Keramba Jaring Apung (KJA) [8]. Fosfat adalah bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan merupakan unsur esensial bagi alga, sehingga dapat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan yang mana dalam kegiatan budidaya, pakan pelet yang diberikan merupakan sumber fosfat [30]. Dalam pakan ikan, kadar fosfat berkisar 0,96%. Pakan yang setiap hari diberikan tidak semuanya dimakan ikan, akan tetapi 10-15% akan jatuh ke dasar perairan, mengendap dan larut sehingga melepaskan unsur fosfat ke dalam perairan [31]. Konsentrasi fosfat yang berlebih dapat memicu laju pertumbuhan alga secara tidak terkendali (eutrofikasi) [32]. Kondisi eutrofik menyebabkan terjadinya ledakan alga yang berdampak terhadap kematian massal ikan [33].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian mengenai kualitas air pada *inlet* dan *outlet* Waduk Saguling berdasarkan data historis maka didapat kesimpulan dari hasil evaluasi kualitas air di titik *Inlet* dan *Outlet* periode (2004-2025) pada musim hujan dan kemarau terhadap baku mutu dan hasil analisis frekuensi, terdapat 4 parameter yang teridentifikasi sebagai pencemar dominan yaitu DO, BOD, klorin Bebas dan fosfat. Status mutu air berdasarkan metode IP pada titik *Inlet* dan *Outlet* Waduk Saguling berada pada status cemar sedang baik pada musim hujan maupun kemarau dengan nilai IP berada pada rentang $5,0 < PI_j \leq 10$. Hasil analisis tren

menggunakan regresi linier terhadap nilai IP menunjukkan tren menurun (kualitas membaik) pada seluruh titik dan musim.

5. Daftar Pustaka

- [1] G. Firdaus, "Studi Perencanaan Pola Operasi Waduk Semantok Untuk Kebutuhan Air Irigasi dan Air Baku Kabupaten Nganjuk Jawa Timur," Universitas Brawijaya, 2020.
- [2] F. Yassin, S. Razavi, M. Elshamy, B. Davison, G. Sapriaza-Azuri, and H. Wheeler, "Representation and improved parameterization of reservoir operation in hydrological and land-surface models," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 23, no. 9, pp. 3735–3764, 2019.
- [3] J. G. Loaiza, J. G. Rangel-Peraza, A. J. Sanhouse-García, S. A. Monjardín-Armenta, Z. D. Mora-Félix, and Y. A. Bustos-Terrones, "Assessment of water quality in a tropical reservoir in Mexico: seasonal, spatial and multivariable analysis," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 14, p. 7456, 2021.
- [4] S. Sunardi *et al.*, "Water corrosivity of polluted reservoir and hydropower sustainability," *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, p. 11110, 2020.
- [5] A. A. Kuntoro, M. Cahyono, and E. A. Soentoro, "Land Cover and Climate Change Impact on River Discharge: Case Study of Upper Citarum River Basin," *J. Eng. & Technol. Sci.*, vol. 50, no. 3, 2018.
- [6] F. Tromboni *et al.*, "Changing land use and population density are degrading water quality in the Lower Mekong Basin," *Water*, vol. 13, no. 14, p. 1948, 2021.
- [7] M. Marselina and M. Burhanudin, "Trophic Status Assessment of Saguling Reservoir, Upper Citarum Basin, Indonesia," 2017, doi: 10.1177/1178622117746660.
- [8] N. T. Sukmaya, Y. Andriani, and Z. Zahidah, "Pengaruh Sebaran Keramba Jaring Apung (KJA) Terhadap Nilai Total-P Dan Total-N: Studi Kasus Di Waduk Cirata Effect of Floating Net Cage (KJA) Distribution on Total-P and Total-N Values: a Case Study in Cirata Reservoir," *J. Harpodon Borneo*, vol. 17, no. 2, pp. 66–77, 2024.
- [9] P. Wiranegara, S. Sunardi, D. Sumiarsa, and H. Juahir, "Characteristics and Changes in Water Quality Based on Climate and Hydrology Effects in the Cirata Reservoir," 2023.
- [10] L. Subehi, S. N. Ismail, I. Ridwansyah, M. A. Hamid, and M. Mansor, "Analysis of the influence of reservoirs utilization to water quality profiles in Indonesia (Saguling--Jatiluhur) and Malaysia (Temengor--Chenderoh) with special references to cascade reservoirs," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, p. 12025.
- [11] S. A. A. Alkhadher, L. M. Sidek, M. S. J. Khan, M. M. A. Al-Habshi, and T. A. Kurniawan, "Seasonal variations in water quality and hydrological dynamics in a tropical reservoir driven by rainfall, runoff, and anthropogenic activities," *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, p. 35589, 2025.
- [12] H. Effendi, *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan perairan*. PT Kanisius, 2003.
- [13] S. Y. Garno, "Biomanipulasi paradigma baru dalam pengendalian limbah organik pada budidaya perikanan di waduk dan tambak," *Orasi Ilm. Pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Badan Pengkaj. dan Penerapan Teknol. Jakarta*, p. 58, 2004.
- [14] A. Musnansyah, A. KAMIL, L. Marlina, E. Widayati, and Z. Zulfakriza, "Assessment of spatial water quality observation of citarum river bandung regency using multivariate statistical methods," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 11, no. 1, 2021.
- [15] Y. Sugianti and L. P. Astuti, "Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum Dissolved Oxygen Response Againsts Pollution and The Influence of Fish Resources Existence in Citarum River," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 19, no. 2, p. 203, 2018.
- [16] D. Apriliyani, "Analisis Kandungan Klorin pada Pantyliner yang Beredar di Kabupaten Sumedang Menggunakan Metode Spektrofotometri Visibel dengan Pereaksi DPD (N, N-dietil-P-Fenilindiamin)," Universitas Bhakti Kencana, 2023.
- [17] R. Novian, "Pencemaran Perairan Sungai Bengkulu akibat Nitrat dan Fosfat dari Aktivitas Pertanian: Studi Literatur," *Integr. Perspect. Soc. Sci. J.*, vol. 2, no. 03 Juni, pp. 3805–3814, 2025.
- [18] D. Arifiyana, V. A. Devianti, and R. K. Wardani, "Edukasi Bahaya Logam Berat dalam Tubuh dan Sumber Kontaminannya," *J. Abdi Masy. Kita*, vol. 3, no. 1, pp. 40–52, 2023.
- [19] S. Yudo, "Kondisi pencemaran logam berat di perairan sungai DKI Jakarta," *J. Air Indones.*, vol. 2, no. 1, p. 246263, 2006.
- [20] A. S. Nastiti and K. Krismono, "Indikator Umbalan Dilihat Dariaspek Kualitasair Di Perairan Waduk Djuanda, Jatiluhur Jawa Barat," *J. Penelit. Perikan. Indones.*, vol. 9, no. 4, pp. 73–85.

- [21] R. Sharma, M. Verma, M. Murmu, and P. Ghosh, "Modified DO-sag equation to assess river water quality," *IJERT Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 8, no. 8, pp. 496–502, 2019.
- [22] M. Telaumbanua, "Pengaruh Oksigen Terlarut (DO) dalam Budidaya Perairan.," *PERAUT J. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 2, no. 1, pp. 200–206, 2025.
- [23] S. Sunarsih, "Simulasi Model Dinamika Pertumbuhan Alga Pada Kolam Stabilisasi Fakultatif Untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik," *Penelit. Masal. Lingkung. di Indones.* 2010 153-161.
- [24] A. Syahza, S. Suwondo, B. Bahrudin, and D. Darmadi, "Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Secara Terpadu," 2018.
- [25] Putra, Arief Yandra, and Putri Ade Rahma Yulia. "Kajian kualitas air tanah ditinjau dari parameter pH, nilai COD dan BOD pada desa teluk nilap kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau." *Jurnal Riset Kimia* 10.2 (2019): 103-109.
- [26] H. Funome and O. G. L. P. Manulangga, "Analisis DO, BOD, Dan Total Coliform Sebagai Indikator Kualitas Air Sumber Mata Air Oetbolan Dan Oebonak Di Kota Soe," *J. Kim. dan Ilmu Lingkung. Chemviro*, vol. 4, no. 1, pp. 288–304, 2026.
- [27] L. A. S. Wijayanti *et al.*, "Preliminary Study of Surface Water Quality Based on DO and BOD Parameters in Pangandaran Reservoir," *Tomini J. Aquat. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2025.
- [28] Fadhillah, Refnilda, Katharina Oginawati, and Nur Aisyah Yuniar Romantis. "The Pollution Profile of Citarik, Cimande, and Cikijing Rivers in Rancaekek District, West Java, Indonesia." *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology* 2.1 (2018): 14-26.
- [29] Falah, Fajrul, and Sadewa Purba Sejati. "Distribusi spasial nitrat air tanah di Kecamatan Nanggulan, Kulon Progo, Yogyakarta." *Geomedia Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian* 21.2 (2023): 172-180.
- [30] A. F. Bahri, "Analisis kandungan nitrat dan fosfat pada sedimen mangrove yang termamfaatkan di Kecamatan Mallusetasi Kabupaten Barru," *Stud. Kasus Pemanfaat. Ekosist. Mangrove \& Wil. Pesisir Oleh Masy. Di Desa Bulucindea Kec. Bungoro Kabupaten Pangkep. Asos. Konserv. Lingkung. Makassar*, 2006.
- [31] S. S. Brahmana, Y. Summarriani, and F. Ahmad, "Kualitas Air dan Eutrofikasi Waduk Riam Kanan di Kalimantan Selatan," *Dalam Prosiding Seminar Nasional Limnologi V*, 2010.
- [32] M. S. Yusal, A. Hasyim, H. Hastuti, A. Arif, and R. H. S. Pratomo, "Review eutrofikasi: Risiko dalam kesuburan lingkungan perairan dan upaya penanggulangannya," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 24, no. 1, pp. 123–134, 2025.
- [33] B. H. Astriana and A. P. Putra, "Edukasi Mengenai Fenomena Blooming Alga Dan Sea Snot Bagi Kelompok Siswa Peduli Lingkungan Di Kabupaten Sumbawa," *Karya J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 201–208, 2023.