

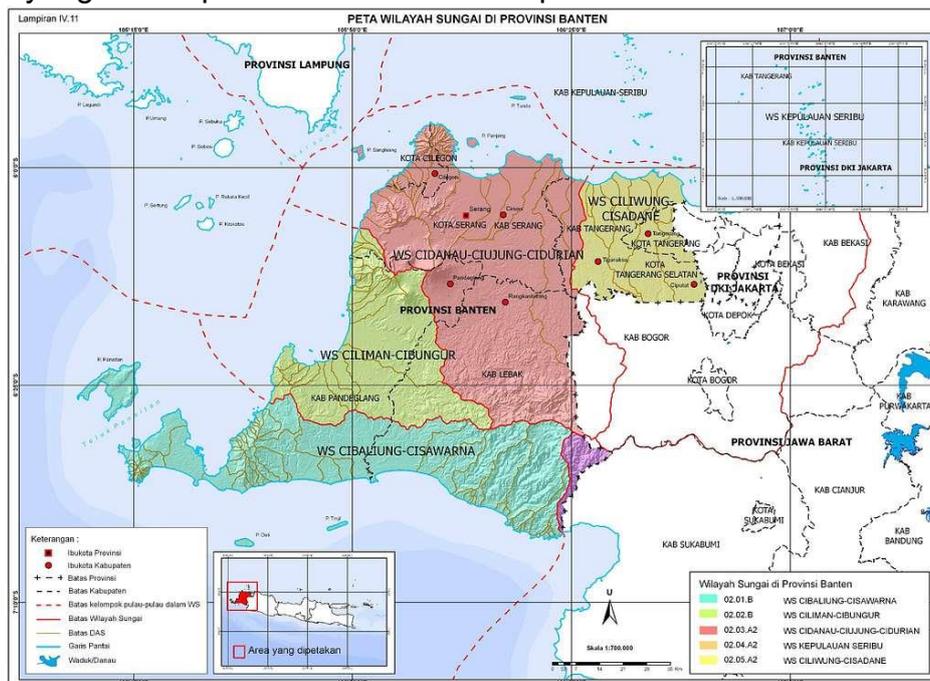
PEMANTAUAN KUALITAS AIR

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Banten, dengan Sungai Ciujung sebagai salah satu elemen penting dalam pengelolaan sumber daya air, menghadapi tantangan serupa dalam kaitannya dengan daya dukung lingkungan akibat peningkatan aktivitas ekonomi dan populasi. Sungai Ciujung, yang berperan krusial dalam menyediakan air bagi kebutuhan masyarakat dan industri, sering kali menjadi fokus perhatian terutama saat musim hujan tiba dan potensi banjir meningkat. Selain aspek kuantitas air, kualitas air Sungai Ciujung juga mendapatkan perhatian khusus, mengingat pentingnya sungai ini sebagai sumber air baku yang diolah menjadi air bersih. Penurunan kualitas air di Sungai Ciujung tidak hanya berdampak pada ketersediaan air bersih, tetapi juga menurunkan nilai estetika sungai serta berpotensi menyebabkan masalah kesehatan publik, seperti munculnya bau tidak sedap akibat dekomposisi bahan pencemar di air dengan kandungan oksigen yang rendah.

Di Provinsi Banten, aliran air permukaan yang melimpah ini memainkan peran vital dalam pengelolaan sumber daya air dan keberlanjutan lingkungan. Dengan keberadaan berbagai sungai dan 102 Daerah Aliran Sungai (DAS), termasuk Sungai Cibaliung, Sungai Cibanten, Sungai Cisuadane, dan Sungai Ciujung, Banten memiliki sistem hidrologi yang kompleks dan dinamis. Keempat sungai ini berperan penting dalam siklus hidrologi provinsi, mulai dari menampung curah hujan di daerah hulu hingga mengalirkannya ke laut di daerah hilir. Dari 102 DAS yang ada, 75 di antaranya tergabung dalam Wilayah Sungai (WS) Cibaliung Cisawarna dan 27 lainnya dalam WS Ciliman Cibungur. Keberadaan WS dan aliran air Sungai yang ada dapat dilihat secara detail pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Wilayah Sungai di Provinsi Banten

Sungai Ciujung merupakan salah satu sungai terbesar di Provinsi Banten, secara administratif sungai Ciujung berada di Provinsi Jawa Barat dan Provinsi Banten. Wilayah Provinsi Banten yang dilewati sungai Ciujung adalah Kab. Lebak dan Kab. Serang. Sungai Ciujung memiliki hulu di Gunung Halimun Salak dan bermuara di Laut Jawa, panjang sungai 147,2 km dan lebar 58 m. DAS Ciujung merupakan salah satu sarana vital bagi masyarakat di Provinsi Banten, penduduk di sepanjang DAS Ciujung masih banyak yang memanfaatkan air sungai Ciujung untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci baju dan alat masak, beberapa penduduk menggantungkan mata pencaharian dari sungai Ciujung seperti tambang pasir, penyewaan rakit dan tambak, peruntukan sungai Ciujung lainnya adalah sebagai badan air penerima limbah industri dan limbah pertanian.

Hasil pemantauan kualitas air sungai Ciujung oleh Balai Besar Wilayah Sungai Ciujung, Cidurian dan Cidanau (BBWS C3) sampai tahun 2020 terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu antara lain nitrit, fosfat, COD, TSS dan DO. Penurunan kualitas air sungai Ciujung merupakan dampak dari perubahan penggunaan lahan di DAS Ciujung. Dilihat dari citra google earth pada 10 tahun terakhir, terjadi perubahan penggunaan lahan di DAS Ciujung mulai dari hulu sampai hilir, perubahan penggunaan lahan yang dominan terjadi adalah alih fungsi lahan pertanian dan perkebunan menjadi permukiman dan industri.

Pemerintah dan masyarakat telah melakukan upaya guna meningkatkan kualitas air sungai Ciujung diantaranya adalah pengawasan rutin ke industri di sepanjang DAS Ciujung dan mengatur debit air limbah yang diperbolehkan dibuang ke sungai Ciujung, membentuk forum komunikasi DAS Ciujung, normalisasi sungai, dan pemantauan kualitas air sungai Ciujung secara rutin. Namun sampai saat ini upaya tersebut dianggap belum efektif meningkatkan kualitas air sungai Ciujung karena masih ada industri yang membuang limbah cair tanpa diolah, forum komunikasi DAS Ciujung sudah tidak berjalan, normalisasi belum dapat berjalan dan belum ada pengawasan dan pengaturan pembuangan limbah ke sungai Ciujung selain dari sektor industri.

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, melalui Pasal 5, mengamanatkan pentingnya melakukan inventarisasi lingkungan hidup sebagai salah satu tahapan krusial dalam perencanaan perlindungan dan pengelolaan lingkungan. Sesuai dengan ketentuan tersebut, Pasal 109 hingga 112 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 mendetailkan prosedur pelaksanaan inventarisasi pada badan air, mencakup tahapan identifikasi dan karakterisasi yang bertujuan untuk mengumpulkan data hidrogeologi, morfologi, ekologi, mutu air, sumber pencemar, dan pemanfaatan air. Di Provinsi Banten, pelaksanaan pemantauan kualitas lingkungan air sungai dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Banten, yang bertanggung jawab dalam menjalankan karakterisasi badan air, terutama dalam mengukur dan mengevaluasi mutu air. Tindakan ini adalah bagian dari upaya untuk memenuhi amanat UU dengan tujuan utama untuk mendapatkan informasi yang akurat dan terpercaya mengenai status mutu air sungai. Selanjutnya, kegiatan ini membantu Pemerintah Provinsi Banten dalam mengevaluasi dan menetapkan kebijakan pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan, khususnya pada pengendalian pencemaran perairan sungai. Selain itu, regulasi lokal seperti

Peraturan Gubernur Banten yang mengatur organisasi dan tata kerja Dinas Lingkungan Hidup, menyediakan kerangka kerja yang mendukung kegiatan ini. Peraturan ini menegaskan fungsi Dinas dalam melakukan pemantauan kualitas lingkungan, yang tidak hanya penting untuk menjaga keberlanjutan lingkungan tetapi juga mendukung pembangunan berkelanjutan di provinsi tersebut.

1.2. Maksud dan Tujuan

Kegiatan Pemantauan Kualitas Lingkungan Air Sungai Provinsi Banten Tahun 2024 merupakan upaya Pemerintah Provinsi Banten untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi kualitas air sungai di wilayah Provinsi Banten pada tahun 2024. Tujuan dari kegiatan Pemantauan Kualitas Lingkungan Air Sungai Provinsi Banten Tahun 2024 adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas air dan laju sedimentasi Sungai Ciujung.
2. Menganalisis beban pencemaran yang masuk ke Sungai Ciujung.
3. Merumuskan rekomendasi kebijakan dan teknis pengelolaan sungai dengan berbagai pendekatan dan pertimbangan.

1.3. Target Kegiatan

Berdasarkan maksud dan tujuan dapat disusun target kegiatan sebagai berikut:

1. Pemantauan Komprehensif Kualitas Air Sungai Ciujung
Melakukan pemantauan rutin kualitas air di berbagai titik Sungai Ciujung sepanjang tahun 2024, untuk mengumpulkan data lengkap tentang parameter kualitas air seperti pH, oksigen terlarut, kekeruhan, kontaminan organik dan anorganik, serta logam berat.
2. Analisis Mendalam Tentang Laju Sedimentasi
Mengukur dan menganalisis laju sedimentasi di Sungai Ciujung untuk menentukan efeknya terhadap aliran sungai dan infrastruktur, serta memahami faktor-faktor yang mempengaruhinya.
3. Evaluasi Beban Pencemaran
Mengidentifikasi dan menganalisis sumber-sumber utama pencemaran yang mempengaruhi Sungai Ciujung, termasuk beban pencemaran dari aktivitas industri, pertanian, dan domestik.
4. Pengembangan Rekomendasi Kebijakan dan Teknis
Merumuskan strategi dan rekomendasi yang komprehensif untuk pengelolaan Sungai Ciujung, berdasarkan data dan analisis yang dikumpulkan, untuk memperbaiki kualitas air dan mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem.

1.4. Indikator Keberhasilan

Indikator ini dibuat sebagai indikator keberhasilan kegiatan, kegiatan pemantauan akan lebih terarah dan hasilnya diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengelolaan Sungai Ciujung yang lebih baik dan berkelanjutan. Berikut adalah Indikator kegiatan.

1. Keakuratan dan Kelengkapan Data
Mendapatkan data kualitas air yang akurat dan lengkap dari semua titik pemantauan yang direncanakan, dengan tidak kurang dari 95% data yang dapat diolah dan dianalisis.
2. Kejelasan Analisis Sedimentasi
Menyediakan analisis laju sedimentasi yang mendetail, dengan kejelasan tentang faktor-faktor yang berkontribusi terhadap masalah sedimentasi di Sungai Ciujung.
3. Pemahaman Komprehensif Tentang Sumber Pencemaran
Mengidentifikasi sumber-sumber pencemaran secara jelas dan menyediakan analisis beban pencemaran dengan akurasi minimal 90%.
4. Penerimaan dan Implementasi Rekomendasi
Rekomendasi kebijakan dan teknis yang dihasilkan diterima dan mulai diimplementasikan oleh Pemerintah Provinsi Banten, dengan indikator keberhasilan termasuk pengesahan kebijakan baru atau revisi kebijakan yang ada.
5. Peningkatan Kualitas Air
Mencapai peningkatan kualitas air sungai yang signifikan pada akhir tahun 2024, ditunjukkan oleh peningkatan parameter kualitas air kunci dan penurunan beban pencemaran.

2. METODOLOGI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lokasi Kegiatan

Lokasi penelitian dilakukan pada Sungai Ciujung dari Kabupaten Lebak sampai Kabupaten Serang dengan panjang sungai 147,2 km. Sumber air Sungai Ciujung berasal dari beberapa titik hulu yang signifikan, termasuk Taman Nasional Gunung Halimun Salak di Gunung Halimun Utara dengan ketinggian 1.929 meter di atas permukaan laut (Mdpl) di Desa Cisarua, serta dari Gunung Karang dan Gunung Endut yang memiliki ketinggian masing-masing 1.778 Mdpl dan 1.220 Mdpl. Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciujung memiliki luas kira-kira 2.150 kilometer persegi, berbatasan dengan DAS Cidurian di sisi timur dari ujung hulu sampai ke hilir.

2.2. Kualitas Air

Air merupakan zat vital untuk kelangsungan hidup yang memainkan peranan kunci dalam setiap proses biologi, terlepas dari perkembangan sosial ekonomi suatu negara perkembangannya sebagian besar tergantung dari ketersediaan air dengan kualitas baik (Malik & Shukla, 2019). Menurut Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001 pengertian air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil.

Kualitas air merujuk pada kondisi kimia, fisik, dan biologis air yang menentukan kemampuannya untuk mendukung kehidupan dan penggunaan oleh manusia dan ekosistem lain. Parameter yang sering digunakan untuk menilai kualitas air termasuk pH, kekeruhan, oksigen terlarut, dan konsentrasi nutrisi dan kontaminan (Boyd, 2000). Kualitas air menggambarkan tingkat kesesuaian atau

kecocokan air untuk penggunaan tertentu, misalnya air minum, perikanan, pengairan / irigasi, rekreasi, dan sebagainya. Kualitas air menentukan kegunaan dari air tersebut, kegunaan air menurut kelasnya telah diatur dalam Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001 yaitu:

- a. Kelas 1, adalah air dengan mutu terbaik dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk air minum, industri, dan pertanian. Air pada kelas ini harus memenuhi standar mutu yang paling ketat, seperti parameter fisik, kimia, dan biologi.
- b. Kelas 2, adalah air dengan mutu yang masih cukup baik dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti prasarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian. Air pada kelas ini harus memenuhi standar mutu yang lebih longgar dibandingkan Kelas 1.
- c. Kelas 3, adalah air dengan mutu yang lebih rendah dibandingkan Kelas 1 dan Kelas 2, tetapi masih dapat digunakan untuk beberapa keperluan, seperti budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian. Air pada kelas ini harus memenuhi standar mutu yang lebih longgar dibandingkan Kelas 2.
- d. Kelas 4, adalah air dengan mutu yang paling rendah dan hanya dapat digunakan untuk beberapa keperluan terbatas, seperti pengairan tanaman. Air pada kelas ini harus memenuhi standar mutu yang paling longgar.

Selanjutnya untuk memastikan kualitas air dilakukan proses pemantauan dan pengelolaan kualitas air. Pemantauan kualitas air adalah proses rutin pengambilan sampel dan analisis untuk menilai kondisi air dan efektivitas intervensi pengelolaan. Data dari pemantauan digunakan untuk mengevaluasi kecenderungan kualitas air, memenuhi persyaratan regulasi, dan menginformasikan keputusan manajemen dan kebijakan (Bartram dan Ballance, 1996). Sementara, pengelolaan kualitas air melibatkan pendekatan regulasi dan non-regulasi untuk mengontrol pencemaran. Teknologi pengolahan air, seperti filtrasi dan pengolahan sekunder, digunakan untuk mengurangi kontaminan dari limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Strategi pengelolaan sumber non-titik termasuk praktik pertanian konservasi dan manajemen limpasan perkotaan (Postel dan Carpenter, 1997).

2.3. Pencemaran Air

Menurut Undang-Undang no. 32 tahun 2009 pengertian pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran air tawar menjadi masalah penting di negara-negara dengan pendapatan rendah sampai menengah, dimana air sungai yang tidak diolah dikonsumsi untuk kebutuhan sehari-hari, hal ini terjadi karena kurangnya akses ke sumber air bersih dan kurangnya penegakan hukum terhadap industri-industri yang

membuang air limbah ke sungai (Garg et al, 2018). Kegiatan manusia (antropogenik) dan proses alami menjadi penyebab penurunan kualitas air permukaan, sehingga sudah tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya lagi (Şener et al, 2017).

Garg et al (2018) telah melakukan penelitian tentang pencemaran sungai di Indonesia dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat : Indonesia telah membuat kemajuan dalam peraturan lingkungan dengan dibuatnya Undang-Undang no. 32 tahun 2009 dalam peraturan tersebut telah diakui bahwa di Indonesia telah terjadi penurunan kualitas lingkungan yang serius, dalam peraturan tersebut juga telah dirancang tindakan-tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi dan polusi lainnya. Terlepas dari aturan yang telah dibuat dan penegakan hukum yang dilakukan, kualitas sumber air di Indonesia tetap rendah, bahkan penelitian yang dilakukan oleh KLH di 35 sungai di Indonesia merupakan sumber air minum yang tidak sehat. Sumber pencemaran air yang belum diatur di Indonesia adalah buangan air limbah rumah tangga dan kota, limbah rumah tangga setiap hari langsung dibuang ke sungai sedangkan limbah air dari perko masih banyak yang belum diolah dan langsung dibuang ke sungai. Secara umum pencemaran air di Indonesia berasal dari limbah cair industri dan limpasan pertanian, pencemaran dari industri menyebabkan masuknya logam berat dan merkuri ke sumber air. Peraturan pencemaran air di Indonesia sering kali tidak diberlakukan untuk industri kecil dan rumah tangga.

Pencemaran air dapat terjadi dari 2 sumber pencemar yaitu non point source (NPS) dan point source (PS). Point Source adalah pencemar yang sumbernya dapat diidentifikasi secara langsung contohnya pipa dari pembuangan limbah pabrik dan tumpahan minyak dari kapal. Limbah cair yang berasal dari perkotaan dan industri serta air limbah dari saluran drainase termasuk dalam point source. Non point source (NPS) adalah limbah yang masuk ke air tanah atau air permukaan dari sumber yang tidak dapat diidentifikasi. Contoh dari NPS adalah limpasan dari pertanian, limbah kota, dll. Terkadang polusi yang masuk ke lingkungan di suatu tempat berdampak ratusan atau bahkan ribuan mil jauhnya, ini dikenal sebagai polusi lintas batas (trans boundary). Polutan pada perairan dapat berupa organik dan anorganik (Singh, 2017).

Menurut Singh (2017) polutan organik di air terdiri dari insektisida dan herbisida, organohalida dan bentuk bahan kimia lainnya, bakteri dari kotoran ternak dan pertanian, limbah pengolahan makanan, pathogen, senyawa organik yang mudah menguap, dll. Sedangkan polutan anorganik di air timbul dari logam berat dari drainase tambang, limbah kimia dari industri, penebangan dan pembakaran lahan, pupuk dari limpasan pertanian yang meliputi nitrat dan fosfat. Karakteristik sumber pencemar baik point sources maupun non point sources seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Sumber Pencemar Point Source dan Non Point Source

Karakteristik	Point Source	Non Point Source
Jenis sumber pencemar	Limbah cair dari pemukiman, industri, pertambangan, dan lain-lain	Limpasan dari lahan pertanian, padang rumput, perkebunan, dan lain-lain
Lokasi	Tempat yang jelas dan teridentifikasi	Area yang luas dan tidak teridentifikasi

Jumlah pencemaran	Besar dan terkonsentrasi	Kecil dan terpecah
Dampak terhadap lingkungan	Cepat dan langsung	Lambat dan tidak langsung
Pengendalian pencemaran	Mudah dan terukur	Sulit dan tidak terukur
Contoh	Limbah cair dari pabrik tekstil, limbah rumah tangga dari perkotaan, limbah tambang	Limpasan dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk kimia, limpasan dari kawasan hutan yang terdegradasi

Sumber: Singh (2017)

Penelitian Bu et al (2011) menunjukkan bahwa aktivitas manusia di DAS yang berupa kegiatan pertanian, aktivitas industri berupa pencetakan dan pencelupan tekstil, industri kertas, pertambangan, dan limbah domestik menyebabkan terjadinya eutrofikasi ekosistem pesisir. Populasi penduduk juga berpengaruh langsung terhadap kualitas air sungai, tingginya jumlah penduduk memiliki korelasi terhadap penurunan kualitas air sungai (parameter : TDS, COD, Cl, K, Na, NH₃-N, PO₄-P, Total Fosfat dan Total Fosfat terlarut), tingginya pertumbuhan penduduk menyebabkan area vegetasi dan lahan basah dikonversi menjadi pemukiman, industri dan lahan pertanian, solusinya adalah dengan desentralisasi penduduk di perkotaan. Aktivitas pertanian juga memiliki korelasi terhadap pencemaran sungai, penggunaan pupuk dan pestisida memiliki korelasi dengan peningkatan jumlah N di dalam air sungai, penggunaan pupuk hanya sekitar 30-35% yang terserap oleh tanaman dan sisanya terbawa air limpasan, pupuk dan pestisida yang terbawa air limpasan ke sungai menyebabkan penurunan kualitas air sungai, eutrofikasi, penurunan keanekaragaman hayati sungai, dan dampak yang terburuk adalah zat kimia dari pupuk dan pestisida akan terakumulasi dalam rantai makanan yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan ekosistem sungai. Limbah cair domestik dan limbah cair industri menjadi penyebab utama pencemaran air sungai, solusi untuk hal ini adalah dengan membuat pengolahan limbah domestik di pemukiman sepanjang daerah aliran sungai dan meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah industry.

2.4. Status Mutu Air

Standar kualitas air ditetapkan untuk melindungi kegunaan air, termasuk konsumsi manusia, kehidupan akuatik, irigasi, dan kegiatan rekreasi. Organisasi kesehatan dunia (WHO) dan lembaga-lembaga nasional seperti *Environmental Protection Agency* (EPA) AS menetapkan panduan dan batas maksimum untuk kontaminan dalam air (WHO, 2011). Kondisi kualitas air dapat diukur dan diuji dengan parameter-parameter dan metode yang telah diatur di dalam peraturan perundang-undangan, kondisi kualitas air tersebut di dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 114 tahun 2003 disebut dengan mutu air. Kondisi mutu air tercemar atau tidak dinyatakan dalam status mutu air. Penentuan status mutu air dapat menggunakan beberapa metode di antaranya: WQI (*Water Quality Index*)/NSF WQI, Indeks Wilcox, Indeks Schoeller, IP (Indeks Pencemaran), TRIX (*The Trophic Index*) dan Metode STORET.

WQI adalah suatu metode untuk menyederhanakan data dalam jumlah besar ke dalam bentuk yang sederhana. WQI membantu mengevaluasi profil

kualitas air dari sebuah sungai, metode ini digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan antara kualitas air yang diinginkan dengan kondisi eksisting, metode WQI banyak dikembangkan di India (Gupta *et al.*, 2015). Metode WQI hanya menggunakan 9 parameter yaitu *biochemical oxygen demand (BOD)*, *dissolved oxygen (DO)*, *nitrate*, *total phosphate*, *temperature*, *turbidity*, *total solids*, *pH*, and *fecal coliform*. WQI lebih menggambarkan kondisi perairan yang relatif bagus (hanya tercemar bahan organik) dan tidak tercemar logam berat (Effendi, 2015). Mir *et al.* (2017) telah melakukan riset tentang kualitas air di sungai Sistan pada musim penghujan dan musim kemarau. Metode yang digunakan oleh Mir *et al.* (2017) dalam penentuan kualitas air adalah Indeks Wilcox dan Indeks Schoeller.

2.5. Status Trofik

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 28 tahun 2009 menyebutkan bahwa status trofik adalah status kualitas air danau berdasarkan kadar unsur hara dan kandungan biomassa fitoplankton atau produktivitasnya. Eutrofikasi merupakan jenis pencemaran yang terjadi ketika nutrisi berlebih, terutama nitrogen dan fosfor, memasuki sistem perairan dan menyebabkan pertumbuhan tumbuhan air yang berlebihan dan tidak terkendali. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009, kualitas air danau dan/atau waduk berdasarkan kandungan nutrisi dapat dikategorikan ke dalam empat tingkat status trofik:

1. Oligotrofik: Air dengan kandungan nutrisi yang rendah, menunjukkan bahwa air tersebut belum tercemar dan masih alami.
2. Mesotrofik: Air dengan kandungan nutrisi sedang, menunjukkan peningkatan kandungan nitrogen dan fosfor namun masih dalam ambang batas yang dapat ditolerir tanpa indikasi pencemaran serius.
3. Eutrofik: Air dengan kandungan nutrisi tinggi, menandakan adanya pencemaran akibat kenaikan kadar nitrogen dan fosfor.
4. Hipereutrofik: Air dengan kandungan nutrisi sangat tinggi, mengindikasikan pencemaran berat yang disebabkan oleh peningkatan dramatis kadar nitrogen dan fosfor.

2.6. Tinjauan Parameter Kualitas Air Sungai

Detail tentang parameter yang akan ditelaah bersama dengan nilai baku mutunya akan disajikan dalam

Tabel 2 Diskusi lebih lanjut mengenai parameter yang termasuk dalam komponen fisika, kimia, dan mikrobiologi akan dilakukan dalam subbab ini, untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang status dan pengelolaan kualitas air Sungai Ciujung.

Tabel 2. Parameter pemantauan kualitas air Sungai Ciujung

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Keterangan
A. Komponen Hidrologi dan Fisika				
1	Kedalaman Penampang Basah	m	-	<i>Insitu</i>
2	Lebar Penampang Basah	m	-	<i>Insitu</i>
3	Kecepatan Aliran	m/detik	-	<i>Insitu</i>
4	Debit Air	m ³ /detik	-	<i>Insitu</i>
5	Suhu/Temperatur	°C	Dev 3	<i>Insitu</i>
6	Kecerahan Perairan	cm	-	<i>Insitu</i>
7	Kebauan	-	-	<i>Insitu</i>
8	Warna Tampak	-	-	<i>Insitu</i>
9	Warna	Pt-Co Unit	50	Laboratorium
10	Padatan Terlarut Total (TDS)	mg/l	1.000	Laboratorium
11	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/l	50	Laboratorium
B. Komponen Kimia				
1	pH	-	6-9	<i>Insitu</i>
2	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	4	<i>Insitu</i>
3	BOD (20°C, 5 hari)	mg/l	3	Laboratorium
4	COD (dichromat)	mg/l	25	Laboratorium
5	Total Fosfat (Total P)	mg/l	0,2	Laboratorium
6	Nitrat (NO ₃)	mg/l	10	Laboratorium
7	Nitrit (NO ₂)	mg/l	0,06	Laboratorium
8	Amonia (NH ₃)	mg/L	0,2	Laboratorium
9	Total Nitrogen (Total N)	mg/l	15	Laboratorium
10	Flourida (F ⁻)	mg/l	1,5	Laboratorium
11	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,002	Laboratorium
12	Klorin Bebas	mg/l	0,03	Laboratorium
13	Klorida (Cl ⁻)	mg/l	300	Laboratorium
14	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	300	Laboratorium
15	Merkuri (Hg)	mg/l	0,002	Laboratorium
16	Kadmium (Cd)	mg/l	0,01	Laboratorium
17	Seng (Zn)	mg/l	0,05	Laboratorium
18	Tembaga (Cu)	mg/l	0,02	Laboratorium
19	Timbal (Pb)	mg/l	0,03	Laboratorium
20	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,05	Laboratorium
21	Nikel (Ni)	mg/l	0,05	Laboratorium
22	Minyak dan Lemak	mg/l	1	Laboratorium
23	Senyawa Aktif Biru Metilen (MBAS)	mg/l	0,2	Laboratorium
24	Fenol	mg/l	0,005	Laboratorium
C. Komponen Biologi				
1	Bakteri Koli Tinja (<i>Fecal Coliform</i>)	Jml/100 ml	1.000	Laboratorium
2	Bakteri Total Koli (<i>Total Coliform</i>)	Jml/100 ml	5.000	Laboratorium

2.6.1. Parameter Fisikia

Parameter kualitas air hasil pengukuran insitu dan analisis di laboratorium dari pelaksanaan kegiatan pemantauan kualitas air sungai yang tergolong ke dalam

komponen fisika adalah Suhu/Temperatur, Kecerahan, Warna, Padatan Terlarut Total (TDS), dan Padatan Tersuspensi Total (TSS). Penjelasan mengenai masing-masing parameter tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Suhu/Temperatur

Suhu atau temperatur air adalah ukuran tinggi rendahnya panas air yang berada di suatu badan air misalnya sungai, laut, danau, situ, waduk, embung, saluran air, dll. Pada umumnya suhu dinyatakan dalam satuan derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) dan Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Suhu berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan, karena perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga mempengaruhi laju fotosintesis tumbuhan, laju metabolisme hewan air, laju perkembangan, waktu dan keberhasilan reproduksi, mobilitas, pola migrasi dan kepekaan organisme terhadap racun, parasit, dan penyakit (Namoi Catchment Management Authority 2013). Siklus hidup organisme akuatik sering dikaitkan dengan perubahan suhu. Suhu perairan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti musim, posisi lintang, ketinggian (altitude), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, serta aliran dan kedalaman badan air (Effendi 2003). Suhu air sangat penting karena mempengaruhi jumlah oksigen terlarut di dalam air. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan kelarutan gas seperti oksigen (Haslam 1995), peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik, dan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme (Effendi 2003). Air yang memiliki suhu sebesar 0°C akan menahan oksigen hingga 14,6 mg/l, sedangkan pada 30°C hanya akan menahan hingga 7,6 mg/L (Namoi Catchment Management Authority. 2013). Peningkatan suhu sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen sebesar 2-3 kali lipat oleh organisme akuatik (Effendi 2003). Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi di air. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton yang merupakan produsen di perairan adalah $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$ (Effendi 2003).

b. Kecerahan

Kecerahan perairan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan alat pengukuran bernama secchi disk. Kecerahan perairan menggambarkan kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu (Sari 2012). Nilai kecerahan dinyatakan dalam satuan m atau cm. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi, serta ketelitian dari petugas pengukur (Effendi 2003).

c. Warna

Warna perairan ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan anorganik, akibat keberadaan plankton, humus, ion-ion logam (misalnya Fe dan Mn), serta bahan-bahan lainnya (Effendi 2003). Warna dapat diamati secara visual (langsung) maupun diukur berdasarkan skala platinum kobalt (PtCo), dengan membandingkan warna air sampel dengan warna standar. Air yang memiliki nilai warna <10 PtCo biasanya tidak memperlihatkan warna yang jelas, karena secara alami perairan tidak memiliki warna (bening) (Effendi 2003). Kadar besi (Fe) sebanyak 0,3 mg/l sudah cukup menimbulkan warna kemerahan pada perairan, sedangkan untuk mangan

(Mn) sebanyak 0,05 mg/l dapat menyebabkan air berwarna kecokelatan/kehitaman (Peavy et al. 1985). Kalsium karbonat yang berasal dari daerah berkapur menimbulkan warna kehijauan, sedangkan bahan-bahan organik (tanin, lignin, dan asam humus) yang berasal dari dekomposisi tumbuhan yang telah mati menimbulkan warna kecokelatan pada perairan (Effendi 2003). Warna perairan juga dapat disebabkan oleh ledakan (bloom) salah satu jenis fitoplankton (algae), sehingga menyebabkan warna perairan sangat berbeda dengan sekitarnya. Warna dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengganggu proses fotosintesis. Berkaitan dengan estetika, sebaiknya sebuah perairan memiliki nilai warna ≤ 15 PtCo, sedangkan sebagai sumber air minum sebaiknya memiliki warna air antara 5-50 PtCo (Effendi 2003).

d. Padatan Terlarut Total (TDS) dan Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Padatan total (residu) adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA 1976). Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi di dalam air. Padatan di perairan diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan ukuran diameter partikel yakni padatan terlarut, koloid, dan tersuspensi. Padatan Terlarut Total atau Total Dissolved Solid (TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter 10^{-3} μm) dan koloid (diameter 10^{-3} - 1 μm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan lain yang tidak tersaring pada saringan milipore yang berdiameter pori 0,45 μm (Rao 1992). TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan seperti Na, Ca, Mg, bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), dll (Todd 1970). Nilai TDS memiliki keterkaitan yang kuat dengan salinitas, karena air bersalinitas tinggi mengandung senyawa-senyawa kimia yang juga mengakibatkan nilai tinggi pada daya hantar listrik dan salinitasnya itu sendiri. Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah, dan pengaruh antropogenik (limbah domestik dan industri) (Effendi 2003).

Padatan Tersuspensi Total atau Total Suspended Solid (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter >1 μm) yang tertahan pada saringan milipore yang berdiameter pori 0,45 μm (Rao 1992). Menurut Effendi (2003), TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus, serta jasad-jasad renik yang terutama berasal dari kikisan atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Bahan-bahan terlarut dan tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, namun jika berlebihan (terutama TSS) dapat meningkatkan kekeruhan yang pada akhirnya akan berpengaruh pada proses fotosintesis (Effendi 2003).

2.6.2. Parameter Kimia

2.6.2.1. Organik

Hasil analisis laboratorium dari pelaksanaan kegiatan pemantauan kualitas air sungai yang tergolong parameter kimia kualitas air yang tergolong kelompok organik terdiri atas Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Minyak dan Lemak, Senyawa Aktif Biru Metilen (MBAS), Fenol. Penjelasan mengenai masing-masing parameter tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air (Davis dan Cornwell 1991). Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi pada suhu sekitar 20°C selama lima hari dalam keadaan tanpa cahaya (Boyd 1988). BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (biodegradable) berupa lemak, protein, kanji (starch), glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya (Effendi 2003). Proses oksidasi bahan organik dilakukan oleh berbagai jenis mikroba. Pada perairan yang mengandung bahan-bahan toksik, penentuan nilai BOD kurang cocok dilaksanakan karena bahan-bahan toksik tersebut dapat menghambat atau mematikan mikroba yang menjadi pelaku dekomposisi bahan organik, sehingga lebih baik dilakukan pengukuran COD (Effendi 2003). Nilai BOD perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, densitas plankton, keberadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik (Effendi 2003). Pada perairan alami, yang berperan sebagai sumber bahan organik adalah pembusukan tanaman dan nilai BOD yang dimiliki biasanya berkisar antara 0,5-7,0 mg/l (Jeffries dan Mills 1996). BOD pada limbah industri dapat mencapai nilai yang sangat tinggi, misalnya pada industri makanan antara 500-4.000 mg/l, industri farmasi antara 400-10.000 mg/l, sedangkan industri kertas sekitar 1.500-25.000 mg/l (Rao 1992; UNESCO/WHO/UNEP 1992).

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (biodegradable) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (non biodegradable) menjadi CO₂ dan H₂O. Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resistan terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tanin, lignin, fenol, polisakarida, benzena, dsb., maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD dibandingkan dengan BOD (Effendi 2003). Keberadaan bahan organik dapat berasal dari alam maupun aktivitas rumah tangga dan industri, misalnya pabrik bubur kertas (pulp), pabrik kertas, dan industri makanan (Effendi 2003). Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya <20 mg/l, sedangkan pada perairan yang tercemar dapat mencapai >200 mg/l, bahkan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP 1992). Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian.

c. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak adalah dua istilah yang sangat familiar, tetapi dua istilah ini berbeda satu sama lain. Menurut INTERFLON (2019), lemak biasanya berada dalam bentuk padat pada suhu kamar, sedangkan minyak biasanya berbentuk cair. Selain itu, lemak biasanya hanya digunakan pada mesin atau peralatan, sedangkan minyak memiliki lebih banyak kegunaan pada pemanfaatan non-industri lainnya.

Minyak dan lemak merupakan kumpulan senyawa yang menutupi material yang terlarut di dalam air yang dalam hal ini adalah air limbah. Kandungan dalam minyak dan lemak terdiri dari senyawa lipid, senyawa ester, alkohol, dan senyawa volatil lainnya (Burton 2015). Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa yang tidak

larut dalam air dan rata-rata memiliki massa jenis yang lebih ringan dari air, sehingga mengapung di atas permukaan air. Meski minyak dan air secara teoritis tidak dapat menyatu karena sifat kepolarannya yang berbeda, namun keduanya dapat membentuk suatu emulsi yang dapat menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air, serta mencegah terlarutnya oksigen di dalam air (Caltest Analytical Laboratory 2018). Minyak yang menutupi permukaan air juga akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga menyebabkan ketidakseimbangan rantai makanan. Bahaya dari kurangnya oksigen di air adalah membuat terhambatnya proses fotosintesis oleh tumbuhan air, serta terjadinya kompetisi untuk memperoleh oksigen pada ikan dan makhluk hidup lainnya. Jika kondisi DO semakin sedikit, maka akan mengakibatkan keracunan pada banyak ikan (Caltest Analytical Laboratory 2018). Efek pada manusia dengan tingginya kadar minyak dan lemak pada air dapat menyebabkan respon tubuh menjadi lama, mual, diare, terbungkusnya rektum dengan minyak, serta dapat menghambat proses penyerapan nutrisi dalam tubuh (Balaji et al. 2018). Parameter ini masuk ke dalam parameter baku mutu air berkaitan dengan hal tersebut yang tergolong berbahaya untuk kehidupan akuatik maupun manusia. Keduanya merupakan parameter yang dipersyaratkan untuk air limbah industri dan air permukaan (Sunardi dan Mukimin 2014). Selain itu, minyak dan lemak merupakan bahan organik yang bersifat tetap dan sulit untuk diuraikan bakteri (Andreozzi et al. 2000; Atlas dan Bartha 1992).

d. Senyawa Aktif Biru Metilen / Metylen Blue Active Surfactant (MBAS)

MBAS (Metylen Blue Active Surfactant) merupakan salah satu metode standar yang biasa digunakan untuk penentuan kadar detergen atau surfaktan. Prinsip dari metode MBAS ini adalah surfaktan anionik akan berikatan dengan metilen biru membentuk senyawa kompleks berwarna biru yang larut dalam fase kloroform. Hal ini terjadi melalui susunan pasangan ion, yaitu oleh anion MBAS dan kation metilen biru. Intensitas dari warna biru yang dihasilkan dalam fase organik merupakan jumlah MBAS yang terukur. Surfaktan memasuki air terutama melalui pembuangan limbah cair dari pencucian rumah tangga, industri, dan operasi pembersihan lainnya (APHA-AWWA-WEF 2021). Lebih lanjut menurut APHA-AWWA-WEF (2021), surfaktan bergabung dalam satu molekul, gugus hidrofobik kuat dengan gugus hidrofilik kuat. Molekul tersebut cenderung berkumpul pada permukaan antara media berair dengan fase lain seperti udara, cairan berminyak, dan partikel, sehingga memberikan sifat seperti pembusaan, emulsifikasi, dan suspensi partikel. Pada penggunaan detergen dan air saat ini, kandungan surfaktan dari air limbah domestik berada pada kisaran 1-20 mg/l (APHA-AWWA-WEF 2021). Konsentrasi surfaktan di perairan umumnya <0,1 mg/L, kecuali di sekitar tempat pembuangan atau sumber titik masuk lainnya (Goyer 1977).

e. Fenol

Fenol, didefinisikan sebagai turunan hidroksi dari benzena dan inti terkondensasinya, dapat terjadi di air limbah domestik dan industri, air alami, dan pasokan air minum (APHA-AWWA-WEF 2021). Fenol dikenal juga sebagai monohidroksibenzena yang merupakan kristal putih yang dapat larut dalam air pada suhu ruang. Fenol (C₆H₅OH) merupakan senyawa organik yang berbau khas dan bersifat racun, serta korosif terhadap kulit (dapat menimbulkan iritasi) (SAKA 2021).

Senyawa fenol sering kali dijumpai dalam lingkungan perairan yang berasal dari aliran air lumpur pemboran minyak bumi, buangan limbah rumah tangga, dan industri tekstil, perekat, obat dan lainnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis senyawa fenol yang teridentifikasi dalam limbah pada umumnya termasuk kelompok zat yang karsinogenik bagi manusia dan makhluk hidup air lainnya seperti ikan (SAKA 2021). Lebih lanjut merujuk pada SAKA (2021), hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah senyawa fenol dapat bertahan selama seminggu atau lebih di dalam air.

2.6.2.2. Anorganik Non-Logam

Parameter kimia kualitas air hasil pengukuran insitu dan analisis di laboratorium dari pelaksanaan kegiatan pemantauan kualitas air sungai yang tergolong ke dalam kelompok anorganik non-logam tercatat paling banyak dibandingkan kelompok lainnya yakni terdiri dari pH, Oksigen Terlarut / Dissolved Oxygen (DO), Total Fosfat (Total P), Amonia (NH₃), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃), Total Nitrogen (Total N), Flourida (F⁻), Klorida (Cl⁻) dan Klorin Bebas (Cl₂), Sulfat (SO₄²⁻), dan Hidrogen Sulfida (H₂S). Penjelasan masing-masing parameter tersebut diuraikan secara lengkap sebagai berikut.

a. pH

Nilai pH adalah ukuran untuk keasaman atau kebasaan pada air. Nilai pH bervariasi secara alami di dalam sungai sebagai hasil dari fotosintesis. Geologi dan jenis tanah pada daerah tangkapan air mempengaruhi kondisi pH perairan (Namoi Catchment Management Authority. 2013). Tanah masam (berbeda dengan tanah asam sulfat) dan batuan seperti basal, granit, dan batu pasir berkontribusi pada penurunan pH dalam air. Batuan dasar seperti batu kapur berkontribusi pada nilai pH yang lebih tinggi. Limpasan seperti pupuk dan detergen menyebabkan peningkatan alkalinitas. Nilai pH yang ekstrem dapat menyebabkan masalah bagi fauna air misalnya ikan dapat mengalami iritasi kulit, bisul dan gangguan fungsi insang akibat air yang terlalu asam (Namoi Catchment Management Authority. 2013). Kematian sebagian besar fauna akuatik dapat disebabkan oleh air yang sangat asam atau sangat basa. Kondisi pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia (Effendi 2003). Pada perairan yang memiliki pH tinggi lebih banyak ditemukan amonia yang memiliki sifat toksik dan relatif lebih mudah diserap oleh organisme akuatik (Tebbut 1992). Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah, sedangkan proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Novotny dan Olem 1994). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan kisaran pH yang optimal untuk air tawar adalah 6,5-8,0 (Effendi 2003 dan Namoi Catchment Management Authority 2013).

b. Oksigen Terlarut / Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut di dalam perairan. Kadar oksigen terlarut di perairan alami bervariasi tergantung pada beberapa faktor yaitu suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer (Effendi 2003). Semakin besar nilai suhu dan ketinggian, serta semakin kecil tekanan atmosfer, maka kadar oksigen terlarut akan semakin rendah (Jeffries dan Mills 1996). Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Brown 1987). Proses

dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Selain faktor-faktor tersebut, kadar DO juga berfluktuasi secara harian (diurnal) dan musiman, serta tergantung pada pencampuran (mixing) dan pergerakan (turbulence) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke badan air (Effendi 2003).

Oksigen memasuki air melalui dua proses yaitu difusi dan fotosintesis (Namoi Catchment Management Authority 2013). Difusi oksigen ke dalam air dipercepat ketika terjadi peningkatan turbulensi air (bergerak melalui jeram dan air terjun) dan ketika ada angin kencang yang bertiup. Selain itu, oksigen akan cenderung berdifusi ke air yang lebih dingin daripada ke air yang hangat. Fotosintesis pada siang hari oleh tanaman air menggunakan energi matahari untuk menciptakan energi yang dapat mereka gunakan untuk pertumbuhan. Produk sampingan dari proses fotosintesis ini adalah oksigen yang dilepaskan ke air di sekitarnya. Jumlah oksigen terlarut, sampai taraf tertentu, menunjukkan kesehatan perairan secara keseluruhan. Artinya, jika kadar oksigen tinggi, maka dapat dikatakan bahwa tingkat polusi di dalam air rendah, sebaliknya jika kadar oksigen rendah, maka dapat diduga ada kebutuhan oksigen yang tinggi dan badan air tidak sehat secara optimal (Namoi Catchment Management Authority 2013). Selain menunjukkan tingkat polusi, oksigen terlarut dibutuhkan oleh biota air untuk kelangsungan hidupnya. Dalam kondisi tidak ada atau ketersediaan oksigen yang rendah, ikan dan organisme lain akan mati (Namoi Catchment Management Authority 2013).

c. Total Fosfat (Total P)

Tingkat nutrien di perairan secara alami biasanya sangat rendah, namun karena pengaruh manusia sering kali menjadi terlalu tinggi, sehingga mengakibatkan pertumbuhan yang berlebihan pada alga dan tanaman air, termasuk spesies gulma seperti *Eceng gondok* dan *Salvinia* (Namoi Catchment Management Authority 2013). Efek dari tingkat nutrien yang tinggi adalah badan air yang dipenuhi vegetasi atau ganggang (sering kali spesies gulma), perubahan komposisi flora dan fauna akuatik (sering kali menuju perubahan sistem yang didominasi oleh satu jenis tanaman), peningkatan fluktuasi kadar oksigen terlarut yang memberikan tekanan pada biota air, dan peningkatan beban organik total yang menghasilkan bau dan penurunan pada kualitas estetika (Namoi Catchment Management Authority 2013).

Nutrien yang sering kali menjadi faktor pembatas di lingkungan perairan adalah Nitrogen dan Fosfat. Sumber utama keberadaan fosfat di perairan adalah sedimen dari batuan dan tanah, limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan unit pembuangan limbah lainnya, detergen dan pupuk yang telah dicuci ke saluran air atau yang mengalir dari properti karena praktik pengelolaan lahan yang buruk dan polusi air hujan, serta dari bahan organik yang membusuk (Namoi Catchment Management Authority 2013). Merujuk pada Namoi Catchment Management Authority (2013), total fosfat di perairan dapat dikategorikan berdasarkan besaran konsentrasinya yakni rendah ($< 0,06$ mg/l), sedang ($0,06-0,15$ mg/l), tinggi ($>0,15-0,45$ mg/l), dan sangat tinggi ($>0,45$ mg/l).

d. Nitrogen

Merujuk pada Effendi (2003), nitrogen yang terdapat di dalam perairan berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri atas Amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino, dan urea. Bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi sebagai bagian dari siklus nitrogen yang dapat melibatkan makro dan mikrobiologi (Effendi 2003).

- Amonia: Amonia (NH_3) merupakan salah satu bentuk dari nitrogen anorganik yang bersifat mudah larut dalam air. Amonia banyak digunakan dalam produksi urea, industri bahan kimia, industri kertas (pulp dan paper), dan industri bubur kertas (Effendi 2003). Sumber amonia di perairan berasal dari proses amonifikasi yaitu pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur. Reduksi nitrat (denitrifikasi) oleh aktivitas mikroba pada kondisi anaerob, yang juga biasa terjadi pada pengolahan limbah, menghasilkan gas amonia dan gas lainnya (Novotny dan Olem 1994). Tinja dari biota perairan yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak menghasilkan amonia (Effendi 2003). Sumber lain amonia adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi dari udara atmosfer, limbah industri, dan domestik (Effendi 2003). Amonia bersifat toksik terhadap organisme akuatik dan terdapat dalam jumlah banyak pada $\text{pH} > 7$ (Effendi 2003). Toksisitas amonia akan meningkat jika terjadi penurunan nilai DO, pH, suhu. Avertebrata air diketahui lebih toleran terhadap amonia dibandingkan dengan ikan, karena amonia yang terlalu tinggi menyebabkan gangguan pada proses pengikatan oksigen oleh darah dan mengakibatkan sufokasi (Effendi 2003).
- Nitrit: Nitrit merupakan bentuk peralihan antara amonia dengan nitrat pada proses nitrifikasi dan antara nitrat dengan gas nitrogen pada proses denitrifikasi. Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar DO sangat rendah (Effendi 2003). Nitrit dapat berasal dari limbah industri dan domestik (Effendi 2003). Pada perairan, biasanya nitrit ditemukan dalam jumlah yang relatif rendah, lebih rendah dibandingkan dengan nitrat, karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Namun, dari tingkat toksisitasnya terhadap manusia dan hewan, nitrit bersifat lebih toksik daripada nitrat (Effendi 2003). Perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/l dan pada perairan secara umum jarang ditemukan nitrit melebihi 1 mg/l (Sawyer dan McCarty 1978; CCREM 1987). Kadar nitrit sebesar 0,05 mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (Moore 1991). Nitrit sebesar 10 mg/l masih dapat ditolerir untuk kepentingan peternakan, namun WHO merekomendasikan nilai nitrit tidak lebih dari 1 mg/l untuk kebutuhan air minum (Moore 1991).

- Nitrat: Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae (Effendi 2003). Nitrat memiliki sifat yang sangat mudah larut dan stabil dalam air (Effendi 2003). Senyawa ini berasal dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Kadar nitrat di perairan alami hampir tidak pernah melebihi 0,1 mg/l. Kadar nitrat yang melebihi 5 Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae (Effendi 2003). Nitrat memiliki sifat yang sangat mudah larut dan stabil dalam air (Effendi 2003). Senyawa ini berasal dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Kadar nitrat di perairan alami hampir tidak pernah melebihi 0,1 mg/l. Kadar nitrat yang melebihi 5
- Total Nitrogen (N): Total nitrogen merupakan penjumlahan dari nitrogen anorganik (amonia, nitrit, nitrat) yang bersifat larut dan nitrogen organik berupa partikulat yang bersifat tidak larut dalam air (Mackereth et al. 1989). Nilai total nitrogen biasanya berkaitan dengan kesuburan perairan. Seperti halnya tertera pada PermenLH No 28 Tahun 2009, nilai Total N digunakan sebagai salah satu faktor penentu status trofik danau bersama dengan Total P dan klorofil-a.

e. Fluorida (F)

Fluor (F) merupakan salah satu unsur yang melimpah pada kerak bumi dan ditemukan dalam bentuk ion fluorida (F^-). Fluor yang berikatan dengan kation monovalen (NaF , AgF , dan KF) bersifat mudah larut dalam air, sedangkan yang berikatan dengan kation divalen (CaF_2 dan PbF_2) tidak mudah larut dalam air (Effendi 2003). Fluorida banyak digunakan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam, aluminium, dan pestisida (Eckenfelder 1989). Perairan alami biasanya memiliki kadar fluorida $<0,2$ mg/l (McNeely et al. 1979). Menurut Davis dan Cornwell (1991), perairan yang diperuntukkan sebagai air minum sebaiknya memiliki kadar fluorida sebesar 0,71,2 mg/l, sedangkan untuk kepentingan pertanian dianjurkan memiliki kadar sebesar 10-15 mg/l. Berdasarkan beberapa penelitian, sejumlah kecil fluorida terbukti menguntungkan bagi pencegahan kerusakan gigi, namun dalam konsentrasi melebihi 1,7 mg/l dapat mengakibatkan pewarnaan pada enamel gigi dan bahkan kerusakan pada tulang dalam kadar yang lebih tinggi lagi (Sawyer dan McCarty 1978; Davis dan Cornwell 1991).

f. Klorida (Cl^-) dan Klorin Bebas (Cl_2)

Halogen pada perairan terdapat dalam bentuk monovalen, misalnya ion fluorida (F^-), ion klorida (Cl^-), ion bromida (Br^-) dan ion iodida (I^-). Ion Klorida (Cl^-) ditemukan dalam jumlah yang besar, sedangkan ion halogen lainnya relatif kecil. Pada perairan tawar yang alami, ion klorida biasanya ditemukan dalam konsentrasi sebesar 8,3 mg/l, sedangkan ion fluorida sebesar 0,26 mg/l (McNeely et al. 1979). Hal ini juga berlaku pada nilai baku mutunya yang lebih tinggi untuk ion klorida yakni sebesar 300 mg/l, sedangkan ion fluorida sebesar 1,5 mg/l. Ion klorida sebenarnya merupakan anion yang dominan di perairan laut. Klorida biasanya terdapat dalam

bentuk NaCl, KCl, dan CaCl₂, dan sebagian besarnya bersifat mudah larut (McNeely et al. 1979).

Kadar klorida bervariasi menurut iklim dan pada perairan di wilayah beriklim basah biasanya memiliki kadar klorida <10 mg/l. Air dari daerah pertambangan mengandung klorida sekitar 1.700 mg/l (Haslam 1995). Kadar klorida yang tinggi dapat membuat air menjadi asin dan bila diikuti dengan kadar kalsium dan magnesium tinggi akan meningkatkan sifat korosivitas air (Effendi 2003). Klorida tidak bersifat toksik bagi makhluk hidup, bahkan berperan dalam pengaturan tekanan osmotik sel (Effendi 2003). Namun demikian, perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, termasuk air minum, pertanian, dan industri, sebaiknya memiliki kadar klorida <100 mg/l (Sawyer dan McCarty 1978; Davis dan Cornwell 1991).

Klorin (Cl) termasuk ke dalam unsur kimia golongan halogen (Golongan VII), berbentuk gas pada suhu kamar, oksidator kuat, dan mudah bereaksi dengan unsur lain. Klorin bebas adalah ion klorida dan ion hipoklorit yang tidak berikatan dengan senyawa lain. Klorin bebas (Cl₂) ini biasanya berada di dalam suasana asam (pH ≤ 2). Klorin sering digunakan sebagai desinfektan, pemutih, atau pembersih untuk menghilangkan mikroorganisme yang tidak dibutuhkan, terutama bagi air peruntukkan kepentingan domestik, dan proses ini diistilahkan sebagai klorinasi (Effendi 2003; Hasan 2006). Menurut Hasan (2006), klorin juga digunakan pada industri kimia seperti industri plastik, pelarut, semen, pulp dan kertas, pestisida, logam metal, pembangkit listrik. Selain itu, limbah klorin dihasilkan pula dari proses pengolahan air bersih, limbah aktivitas manusia (municipal waste) dan limbah rumah sakit. Kadar klorin bebas (Cl₂) di perairan yang melebihi baku mutu akan berdampak pada kesehatan masyarakat, diantaranya menyebabkan iritasi mata, kulit dan iritasi saluran pernafasan atas, serta efek jangka panjangnya adalah menyebabkan gangguan obstruksi saluran pernafasan (US EPA 1999). Tingginya kasus penyakit dermatitis, gastritis dan diare juga diduga diakibatkan oleh paparan klorin bebas (Cl₂) yang masuk ke badan air sungai (Hayat 2020). WHO (2003) merekomendasikan kadar klorin bebas (Cl₂) di dalam air adalah <0,02 mg/L.

g. Sulfat (SO₄²⁻) dan Hidrogen Sulfida (H₂S)

Sulfur merupakan salah satu elemen yang esensial bagi makhluk hidup. Unsur ini berada dalam bentuk organik dan anorganik. Sulfur anorganik terutama terdapat dalam bentuk sulfat (SO₄²⁻) yang merupakan bentuk utama sulfur di perairan (Rao 1992). Sulfat banyak digunakan dalam industri tekstil, penyamakan kulit, kertas, metalurgi, dll. (Effendi 2003). Sulfur di perairan berikatan dengan ion hidrogen dan oksigen. Beberapa bentuk di perairan adalah sulfida (S²⁻), hidrogen sulfida (H₂S), ferro sulfida (FeS), sulfur dioksida (SO₂), sulfit (SO₃), dan sulfat (SO₄). Pada proses dekomposisi dalam kondisi anaerob, terjadi reduksi anion sulfat menjadi H₂S yang menimbulkan bau yang tidak sedap dan meningkatkan korosivitas logam (Effendi 2003). Lebih lanjut menurut Effendi (2003), keberadaan H₂S juga berkaitan dengan kondisi pH. Pada pH 9, jumlah H₂S berjumlah sangat sedikit dan permasalahan bau tidak muncul, sedangkan pada pH <8 kesetimbangan bergeser pada terjadinya pembentukan H₂S, bahkan pada pH 5, sekitar 99% sulfur terdapat dalam bentuk H₂S. Kondisi ini akan menjadi hal yang serius karena H₂S bersifat mudah larut, toksik, dan menimbulkan bau seperti telur busuk.

2.6.2.3. Logam

Hasil analisis laboratorium dari pelaksanaan kegiatan pemantauan kualitas air sungai yang tergolong parameter kimia kualitas air yang tergolong pada kelompok logam yaitu Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Krom Heksavalen (Cr⁶⁺), dan Nikel (Ni). Penjelasan mengenai masing-masing parameter logam tersebut diuraikan secara rinci sebagai berikut.

a. Merkuri (Hg)

Merkuri atau air raksa merupakan logam yang secara alami terdapat di alam dan merupakan satu-satunya logam yang berwujud cair pada suhu kamar. Logam ini mempunyai nomor atom 80 dengan berat atom 200,59 pada tabel unsur periodik kimia. Merkuri adalah logam cair yang ditemukan di dalam natural deposit yang terdiri dari unsur-unsur lain dengan banyak bentuk seperti ditemukan di gunung berapi (Palar 2012). Penyebaran logam merkuri dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor geologi, fisika, kimia, dan biologi (Palar 2012). Senyawa merkuri dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti dalam pembuatan amalgam, cat, komponen listrik, baterai, ekstraksi emas dan perak, gigi palsu, senyawa anti-karat (anti fouling), fotografi, dan elektronik (Eckenfelder 1989). Garam-garam Hg juga digunakan sebagai fumigan yang berperan sebagai pestisida (Sawyer dan McCarty 1978). Logam ini juga dimanfaatkan sebagai alat ukur (termometer, barometer, dan manometer), konduktor dan bahan pendingin, pelindung terhadap radiasi atom (Palar 2012). Kegiatan penambangan emas, produksi klor dan soda kaustik, bahan tambal gigi dan baterai juga menggunakan logam merkuri (Palar 2012). Merkuri yang memiliki kegunaan sangat banyak ini juga merupakan bahan yang sangat beracun dan memiliki tingkat bioakumulasi tinggi dan sangat potensial untuk terjadi biomagnifikasi pada jejaring makanan (Effendi 2003; Garcia-Rico et al. 2006). Logam merkuri merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup baik dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan (Palar 2012). Keberadaannya di perairan dalam jumlah yang melebihi batas aman dapat membahayakan kehidupan organisme baik secara langsung maupun tidak langsung. Kadar merkuri di perairan tawar alami berkisar 10100 ng/l (Moore 1991). Kanada dan European Community (EC) memperbolehkan konsentrasi Hg maksimum sebesar 0,1 µg/l dan 0,2 µg/l di air untuk melindungi kehidupan organisme perairan (Moore 1991). Pada air minum, Davis dan Cornwell (1991) menyatakan bahwa sebaiknya tidak melebihi 0,002 mg/l.

b. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah unsur kedua dalam Golongan IIB dari tabel periodik yang memiliki nomor atom 48, berat atom 112,41, dan valensi 2. Bersama-sama dengan Hg, Pb, dan V, hingga saat ini merupakan logam-logam yang belum diketahui dengan jelas peranannya bagi tumbuhan dan makhluk hidup lain (Effendi 2003). Pada air, Cu terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit dan bersifat tidak larut dalam air. Logam ini digunakan dalam elektroplating, baterai, pigmen cat, dan paduan dengan berbagai logam lainnya (APHA-AWWA-WEF 2021). Kadmium juga banyak digunakan dalam industri metalurgi, pelapisan logam, pigmen, baterai, peralatan elektronik, pelumas, peralatan fotografi, gelas, keramik, tekstil, dan plastik

(Eckenfelder 1989). Kelarutan kadmium di perairan alami dikendalikan oleh kesetimbangan karbonat dan terkait dengan kesadahan atau alkalinitas air (APHA-AWWA-WEF 2021). Pada pH yang tinggi, Cd mengalami presipitasi/pengendapan (Effendi 2003).

Kadmium sangat beracun dan terakumulasi pada ginjal dan hati, asupan berkepanjangan pada tingkat rendah kadang-kadang menyebabkan disfungsi ginjal (APHA-AWWA-WEF 2021). Kadmium juga bersifat sangat toksik dan bioakumulasi terhadap organisme (Effendi 2003). Konsentrasi Cd pada perairan tawar alami sekitar 0,0001-0,01 mg/l (McNeely et al. 1979). Perairan sebaiknya memiliki konsentrasi Cd maksimum sebesar 0,0002 mg/l untuk melindungi kehidupan biota akuatik di dalamnya, maksimum 0,005 mg/l untuk kepentingan pertanian dan peternakan, serta maksimum pada air minum sebesar 0,005 mg/l (Moore 1991). FAO merekomendasikan tingkat maksimum Cd di perairan irigasi sebesar 10 µg/L (APHA-AWWA-WEF 2021).

c. Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah unsur pertama dalam Golongan IIB dalam tabel periodik yang memiliki nomor atom 30, berat atom 65,38, dan valensi 2. Kelarutan seng di perairan alami dipengaruhi oleh adsorpsi pada permukaan mineral, keseimbangan karbonat, dan kompleks organik (APHA-AWWA-WEF 2021). Berdasarkan APHA-AWWA-WEF (2021), Zn digunakan dalam sejumlah alloy seperti kuningan dan perunggu, serta dalam baterai, fungisida, dan pigmen. Seng paling sering memasuki pasokan air domestik dari kerusakan besi galvanis dan dezincifikasi kuningan, serta dapat dihasilkan pula dari polusi limbah industri. Seng digunakan pula dalam industri besi baja, cat, karet, tekstil, kertas, dan bubur kertas (Eckenfelder 1989). Seng merupakan elemen pertumbuhan penting untuk tanaman dan hewan, tetapi pada tingkat tinggi bersifat toksik untuk beberapa jenis biota air (APHA-AWWA-WEF 2021). Konsentrasi Zn pada perairan alami biasanya sebesar <0,05 mg/l, sedangkan pada perairan asam mencapai 50 mg/l (McNeely et al. 1979; Moore 1991). Zn pada air minum direkomendasikan <0,5 mg/l (McNeely et al. 1979). Toksisitas seng menurun dengan meningkatnya kesadahan, namun meningkat seiring dengan terjadinya peningkatan suhu dan penurunan nilai DO (Effendi 2003). Kelarutan seng meningkat pada perairan yang bersifat asam.

d. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Tembaga menempati posisi dengan nomor atom 29 dan mempunyai bobot atau berat atom 63,546 dalam tabel periodik. Logam Cu di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Logam Cu biasanya terikat kuat pada bahan organik yang akan menurunkan mobilitasnya di perairan, sehingga akan lebih mudah mengendap di sedimen (Supriyantini dan Soenardjo 2015). Cu secara alami masuk ke perairan melalui peristiwa erosi atau pengikisan batuan mineral dan melalui persenyawaan Cu di atmosfer yang dibawa turun melalui hujan, sedangkan akibat aktivitas manusia dapat berasal dari limbah industri yang berkaitan dengan Cu, pertambangan Cu, industri galangan kapal, dan aktivitas pelabuhan lainnya (Palar 2012). Logam ini juga banyak digunakan pada

industri elektroplating, tekstil, dan industri logam (alloy) seperti Ag, Cd, Sn, Zn (Fitriyah et al. 2013). Menurut Connell dan Miller (2006), limbah rumah tangga yang mengandung logam berat Cu biasanya berasal dari sampah-sampah metabolik dan korosi dari pipa-pipa yang ada di daerah pemukiman.

Logam Cu merupakan salah satu logam berat esensial untuk kehidupan makhluk hidup sebagai elemen mikro. Pada tumbuhan (termasuk algae), Cu berperan dalam fungsi transpor elektron pada proses fotosintesis (Boney 1989). Pada perairan alami, konsentrasi Cu biasanya $<0,02$ mg/l (Moore 1991). Defisiensi tembaga dapat menyebabkan anemia, namun apabila konsentrasinya berlebihan dapat menimbulkan rasa pada air dan kerusakan hati, serta mengakibatkan korosi pada besi dan aluminium (Effendi 2003). Nilai LC50 tembaga bagi avertebrata air biasanya $<0,5$ mg/l, sedangkan untuk ikan-ikan air tawar berkisar $0,02-1,00$ mg/l (Moore 1991). Toksisitas Cu meningkat dengan menurunnya nilai kesadahan dan alkalinitas (Effendi 2003).

e. Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam dilambangkan dengan Pb (Plumbum) merupakan logam yang menduduki nomor atom 82 dan berat atom 207,19 gr dalam sistem periodik. Pb mempunyai dua bentuk keadaan oksidasi di perairan, yakni dalam bentuk Pb^{2+} dan Pb^{4+} (Palar 2012). Logam berat Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun hasil dari aktivitas manusia. Pb masuk ke perairan secara alami melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan, di samping itu melalui proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin (Palar 2012). Logam Pb yang masuk ke perairan akibat aktivitas manusia dapat berasal dari limbah industri yang berkaitan dengan Pb, limbah pertambangan bijih Pb atau dari buangan sisa industri baterai (Palar 2012). Limbah perkotaan dan pupuk fosfat (PO_4) mengandung Hg, Cd dan Pb, limbah-limbah tersebut juga berkontribusi menambah kandungan Pb dalam perairan akibat aktivitas manusia (Harteman 2011).

Pb merupakan salah satu logam non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racun akan muncul apabila terakumulasi cukup besar dalam tubuh makhluk hidup (Palar 2012). Logam Pb dalam konsentrasi tinggi yang dikonsumsi oleh manusia akan mengakibatkan gejala keracunan seperti terlihat pucat, sakit perut, konstipasi, muntah, anemia, hingga sampai mempengaruhi kerja saraf. Saeni (1997) menyatakan bahwa logam Pb tidak dibutuhkan oleh manusia, sehingga keberadaan Pb dalam tubuh manusia melalui makanan yang dikonsumsi akan dikeluarkan sebagian, sedangkan sisanya akan terakumulasi pada bagian tubuh tertentu seperti ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut. Pada perairan tawar alami biasanya memiliki konsentrasi Pb sebesar $<0,05$ mg/l. Air peruntukkan air minum maksimum memiliki nilai Pb sebesar $0,05$ mg/l, untuk hewan ternak maksimum $0,1$ mg/l, sedangkan untuk kegiatan pertanian sebesar $5-10$ mg/l (Davis dan Cornwell 1991; Moore 1991). Konsentrasi Pb sebesar $0,5$ mg/l pada air dapat menyebabkan kematian pada ikan dan organisme perairan lainnya (Moore 1991), sedangkan Pb berkisar $0,1-8,0$ mg/l dapat menghambat pertumbuhan salah satu jenis mikroalgae (Effendi 2003). Toksisitas akut Pb terhadap beberapa jenis avertebrata air tawar antara $0,5-5,0$ mg/l, sedangkan bagi beberapa jenis ikan air

tawar berkisar 0,5-10 mg/l (Moore 1991). Toksisitas Pb terhadap organisme akuatik berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan DO (Effendi 2003).

f. Krom Heksavalen

Kromium (Cr) adalah unsur pertama dalam Golongan VIB dalam tabel periodik yang memiliki nomor atom 24, berat atom 51,99, dan valensi 0 dan 2 hingga 6. Kromium termasuk unsur yang jarang ditemukan pada perairan alami (Effendi 2003). Kromium yang ditemukan di perairan biasanya dalam bentuk kromium trivalen (Cr^{3+}) dan kromium heksavalen (Cr^{6+}), namun pada $\text{pH} > 5$ tidak ditemukan Cr^{3+} . Apabila masuk ke perairan, kromium trivalen akan dioksidasi menjadi kromium heksavalen yang lebih toksik. Selain itu, kromium trivalen biasanya terserap ke dalam partikulat, sedangkan kromium heksavalen tetap berada dalam bentuk larutan. Garam-garam kromium digunakan dalam industri besi baja, cat, bahan celupan, bahan peledak, tekstil, kertas, keramik, gelas, fotografi, serta sebagai penghambat korosi dan campuran drilling mud (Effendi 2003). Kromium juga digunakan dalam alloy, elektroplating, dan pigmen, serta sering ditambahkan pada air pendingin untuk pengendalian korosi (APHA-AWWA-WEF 2021).

Kromium dianggap tidak penting untuk tanaman, tetapi elemen jejak penting untuk hewan (APHA-AWWA-WEF 2021). Kromium heksavalen telah terbukti bersifat karsinogenik jika terhirup dan bersifat korosif terhadap jaringan (APHA-AWWA-WEF 2021). Kromium heksavalen bersifat toksik dan efek yang ditimbulkan dari keracunan logam ini adalah terjadinya kerusakan kulit, serta gangguan fungsi hati, ginjal, dan pernafasan (CCREM 1987). Garam-garam kromium yang masuk ke dalam tubuh manusia akan segera dikeluarkan oleh tubuh, namun apabila terlalu besar maka menyebabkan kerusakan sistem pencernaan. Kadar kromium yang diperkenankan pada air minum maksimum sebesar 0,05 mg/l (Sawyer dan McCarty 1978; Davis dan Cornwell 1991). Pada perairan tawar, konsentrasi kromium biasanya terukur $< 0,0001$ mg/l. Kadar yang diperkirakan aman bagi organisme akuatik adalah 0,05 mg/l (Moore 1991). Toksisitas logam ini dipengaruhi oleh bentuk oksidasi kromium, suhu, dan pH. Selain itu, kromium di perairan alami juga terkait dengan kondisi kesadahan atau alkalinitas air (APHA-AWWA-WEF 2021). Menurut Effendi (2003), fitoplankton diketahui lebih sensitif terhadap kromium dibandingkan dengan ikan.

g. Nikel (Ni)

Nikel (Ni) adalah unsur ketiga dalam Golongan VIII dalam tabel periodik yang memiliki nomor atom 28, berat atom 58,69, serta valensi umum 2 dan lebih jarang 1, 3, atau 4. Logam ini merupakan elemen esensial untuk tumbuhan dan hewan (Anke et al. 1984; Fabiano et al. 2015). Pemanfaatan nikel adalah sebagai alloy, magnet, lapisan pelindung, katalis, dan baterai (APHA-AWWA-WEF 2021). Nikel juga banyak digunakan dalam industri metalurgi, pelapisan logam, industri kimia, pembakaran minyak, dan pembakaran limbah (McNeely et al. 1979; Eckenfelder 1989). Kadar nikel pada perairan tawar alami sebesar 0,001-0,003 mg/l (Moore 1991). Kontak langsung dengan garam-garam nikel dapat mengakibatkan dermatitis, sedangkan menghisap nikel secara terus menerus dapat mengakibatkan kanker paru-paru (Effendi 2003). Namun demikian, nikel termasuk logam yang memiliki toksisitas rendah. Kadar Ni yang direkomendasikan untuk kehidupan

organisme akuatik adalah $\leq 0,025$ mg/l, sedangkan untuk air minum sebesar $\leq 0,1$ mg/l (Moore 1991).

2.6.3. Parameter Mikrobiologi

Parameter mikrobiologi kualitas air hasil analisis di laboratorium dari pelaksanaan kegiatan pemantauan kualitas air sungai terdiri atas Bakteri Koli Tinja (Fecal Coliform) dan Bakteri Total Koli (Total Coliform) yang diuraikan sebagai berikut.

Salah satu komponen penting dalam air yang dapat digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran pada suatu badan air adalah parameter mikrobiologi berupa bakteri coliform (US EPA 1976). Coliform merupakan golongan bakteri yang termasuk ke dalam famili Enterobacteriaceae, hidup di saluran pencernaan manusia dan hewan. Cullimore (2008) mengategorikan bakteri coliform ke dalam dua golongan yaitu: Total Coliform yang merupakan gabungan dari keseluruhan bakteri coliform, serta Fecal Coliform yang merupakan bagian dari total coliform yang memiliki sifat sebagai bakteri patogen dalam air.

Total coliform adalah suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran. Total coliform yang berada di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. Total coliform dibagi menjadi dua golongan (Entjang 2000), yaitu fecal coliform seperti *Escherichia coli* yang berasal dari tinja manusia dan hewan berdarah panas, serta non fecal coliform seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi berasal dari hewan atau tanaman yang telah mati. Pakpahan (2015) menyatakan bahwa air olahan untuk keperluan air minum harus bebas dari kandungan total coliform dan fecal coliform.

Fecal Coliform adalah bakteri alami yang ditemukan pada usus semua hewan berdarah panas (termasuk manusia) dan burung. Bakteri ini tidak bersifat patogen (menyebabkan penyakit), namun menunjukkan bahwa bakteri dan virus patogen mungkin ada (Namoi Catchment Management Authority 2013). Menurut Prayitno (2009), kotoran manusia dapat menghasilkan bakteri patogen berupa *E. coli*, *Shigella* sp., *Vibrio cholerae*, *Campylobacter jejuni* dan *Salmonella*. Bakteri-bakteri ini dapat menyebabkan terjadinya diare pada manusia. Lebih lanjut menurut Prayitno (2009), *E. coli* apabila dikonsumsi terus-menerus dalam jangka panjang akan berdampak pada timbulnya penyakit seperti radang usus, diare, infeksi pada saluran kemih dan saluran empedu. Kehadiran Fecal Coliform di perairan merupakan indikator pencemaran limbah cair dan indikator adanya kontaminasi feses manusia dan hewan, serta menunjukkan kondisi sanitasi yang tidak baik. Fecal Coliform dapat memasuki perairan sungai melalui sistem saluran pembuangan dan septik, tempat penggemukan dan limpasan susu, limpasan dari pertanian yang luas, air badai, serta buangan feses hewan ternak yang langsung masuk ke air (Namoi Catchment Management Authority 2013).