

Status Mutu Air Sungai Cibeureum, Kota Cimahi***Water Quality Status of The Cibeureum River, Cimahi City***Yanfa Irham Hermawan^{1*}, Eka Wardhani¹¹Institut Teknologi Nasional, Jl. PH. H Mustofa No. 23, Kota Bandung 40124, Indonesia*Email korespondensi: yanfairhamhermawan@gmail.com**ABSTRAK**

Sungai Cibeureum merupakan salah satu Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum yang melintasi dua wilayah yaitu Kota Bandung dan Kota Cimahi. DAS Cibeureum berada di Kecamatan Cimahi Selatan melewati Kelurahan Cibeureum, Kelurahan Melong dan berbatasan dengan Kelurahan Cijerah, Kota Bandung. Kelurahan Cibeureum dan Kelurahan Cijerah memiliki kepadatan penduduk tinggi, yaitu 225 jiwa.ha⁻¹ dan 282 jiwa.ha⁻¹, sedangkan Kelurahan Melong memiliki kepadatan rendah yaitu 91 jiwa.ha⁻¹. Wilayah tersebut berpotensi memiliki resiko sanitasi terutama terkait pengelolaan air limbah. Penelitian ini akan menganalisis dan menghitung status mutu air Sungai Cibeureum sehingga diketahui tingkat pencemaran yang terjadi di Sungai Cibeureum. Metode yang digunakan untuk menghitung status mutu air Sungai Cibeureum yaitu Indeks Pencemaran. Kualitas air sungai dibandingkan dengan baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah (PP) No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Terdapat 15 parameter yang dianalisis dimana *sample* air diambil di 3 lokasi pada musim pancaroba, kemarau dan hujan. Berdasarkan analisis diketahui bahwa BOD₅, COD, TSS, dan *fecal coliform* merupakan parameter utama penyebab pencemaran sungai. Hampir semua status mutu air Sungai Cibeureum pada berbagai musim dan lokasi memiliki indeks tercemar berat. Musim hujan memiliki skor Indeks Pencemaran paling tinggi dibanding dengan musim lainnya, yaitu sebesar 13.67 di bagian hulu, 16.65 di bagian tengah, dan 14.15 di bagian hilir sungai.

Kata kunci: baku mutu, Indeks Pencemar, kualitas air, resiko sanitasi, Sungai Cibeureum

ABSTRACT

Cibeureum River is one of the Citarum sub-watersheds that crosses two regions that are Bandung and Cimahi. The Cibeureum watershed is located in the South Cimahi District through the Cibeureum sub-district, Melong sub-district, and borders the Cijerah sub-district, Bandung City. The Cibeureum sub-district and Cijerah sub-district have a high population density of 225 people.ha⁻¹ and 282 people.ha⁻¹, while the Melong sub-district has a low density of 91 people.ha⁻¹, so the area has the potential to have sanitation risks, especially related to wastewater management. This study will analyze and calculates the water quality status of the Cibeureum River so that the level of pollution is known. The method for calculating the water quality status of the Cibeureum River used is the Pollution Index. River water quality compared to class II quality standards Government Regulation (PP) Number 82 of 2001 concerning Water Quality Management and Water Pollution Control. Water samples were taken at 3 locations during the transition, dry and rainy seasons. There are 15 parameters analyzed. Based on the analysis show that BOD₅, COD, TSS, and fecal coliform are the main parameters causing river pollution. The water quality status of the Cibeureum River in almost all locations at various seasons has a heavily polluted index. The rainy season has the highest pollution index score than any other season, amounting to 13.67 in the upstream, 16.65 in the middle of the river, and 14.15 in the downstream.

Keywords: quality standard, Pollutant Indeks, water quality, sanitation risk, Cibeureum River

PENDAHULUAN

Sungai Cibeureum mengalir melalui 2 wilayah yaitu Kota Bandung dan Cimahi Provinsi Jawa Barat. Sungai ini memiliki panjang 24.66 km melewati Kelurahan Cibeureum dan Melong Kecamatan Cimahi Selatan Kota Cimahi dan Kelurahan Cijerah Kecamatan Bandung Kulon Kota Bandung. Sungai ini bermuara ke Sungai Citarum dan masuk ke dalam Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2020). DAS Cibeureum berdasarkan fungsi kota diperuntukan untuk industri, perumahan, pendidikan, dan pelayanan umum, sehingga aktivitas di DAS mempengaruhi kualitas air Sungai Cibeureum. Terdapat enam kelurahan di Kota Cimahi yang memiliki resiko sanitasi tinggi sampai sangat tinggi, salah satunya yang masuk DAS Cibeureum yaitu Kelurahan Melong Kecamatan Cimahi Selatan yang memiliki resiko sanitasi sangat tinggi (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2020).

Peningkatan aktivitas penduduk di DAS Cibeureum memberi tekanan yang berat terhadap Sungai Cibeureum. Kondisi Sungai Cibeureum mengalami pendangkalan, penurunan kualitas air, dan banjir terutama di bagian hilirnya yaitu di Kelurahan Melong (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2020). Sebagai Sub DAS Citarum, Sungai Cibeureum akan memberikan dampak terhadap penurunan mutu air Sungai Citarum akibat pencemaran yang terjadi. Sehingga Sungai Citarum yang merupakan sumber air utama untuk Waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur dapat mengganggu fungsi ketiga waduk tersebut. Penelitian membuktikan bahwa kualitas air Sungai Citarum telah tercemar oleh polutan yang berasal dari anak-anak sungainya. Beban pencemar dari sektor domestik dan industri menyumbang kontribusi yang signifikan (Desriyan & Wardhani, 2015; Rachmaningrum, dkk., 2015; Wardhani & Sulistiowati, 2018). Hal tersebut menyebabkan kualitas air Sungai Citarum terus menurun dari tahun ke tahun sehingga diperlukan upaya pengendalian pencemaran secepat mungkin agar dampak pencemaran tidak semakin memburuk.

Citarum Harum merupakan program yang dibuat untuk memperbaiki mutu air Sungai Citarum. Program tersebut mengutamakan pengendalian pencemaran air limbah industri yang masuk ke sungai. Berdasarkan kajian daya dukung Sungai Cibeureum, kontribusi beban pencemar limbah domestik menempati peringkat kedua setelah limbah industri untuk parameter BOD₅, COD, TSS, Total Nitrogen, dan Total Fosfat (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2020). Penentuan mutu air sungai merupakan langkah pertama dalam mengendalikan pencemaran air sungai. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 (KepMenLH No. 115/2003), menegaskan bahwa setiap pemerintah kabupaten atau kota wajib menentukan mutu dari badan air yang ada di wilayahnya. Pengetahuan mengenai mutu air akan menjadi data dasar untuk melakukan tindak lanjut pengendalian pencemaran air yang tepat untuk diterapkan di wilayah tersebut. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis dan menghitung status mutu air Sungai Cibeureum sehingga diketahui tingkat pencemaran yang terjadi di Sungai Cibeureum.

BAHAN DAN METODE

Data utama penelitian berupa kualitas air Sungai Cibeureum tahun 2019 berasal dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, Provinsi Jawa Barat. Data tersebut dianalisis secara deskriptif dengan baku mutu menggunakan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 (PP 82/2001) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Selain itu, data dianalisis dengan melihat pergerakan data secara rata-rata disebut *trendline moving average*. *Trendline* konsentrasi per parameter digunakan untuk mengetahui peningkatan atau penurunan konsentrasi parameter secara rata-rata di berbagai musim. Data berasal dari hasil *sampling* di 3 titik Sungai Cibeureum, yaitu di wilayah hulu sungai yang berada diantara Kelurahan Cibeureum dan Cijerah (06°54'37.45" S; 107°34'07.31" E); di wilayah tengah sungai berada diantara Kelurahan Melong dan Cijerah (06°55'09.7" S; 107°33'55.5" E); dan

di wilayah hilir sungai berada diantara Kelurahan Melong dan Cijerah (06°54'55.5" S; 107°33'42.9" E). Waktu pengukuran dilakukan pada bulan April mewakili musim pancaroba, bulan Juli mewakili musim kemarau, dan bulan November mewakili musim hujan (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2020). Peta DAS Cibeureum ditampilkan pada Gambar 1.

Terdapat 34 parameter yang diuji dimana terdiri dari 3 parameter fisika yaitu temperatur, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *Total Suspended Solids* (TSS); 29 parameter kimia meliputi *Power of Hydrogen* (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD₅), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), Fosfat, Nitrit (NO₂-N), Amonia Bebas (NH₃-N), Nitrat (NO₃-N), Kadmium (Cd), Khrom (Cr⁶⁺), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Seng (Zn), Klorida (Cl⁻), Fluorida (F⁻), Sulfat (SO₄²⁻), Sulfida (H₂S), Air Raksa (Hg), Sianida, Barium (Ba), Arsen (As), Kobalt (Co), Klorin Bebas, Selenium (Se), minyak dan lemak, fenol, dan detergen sebagai MBAS (*Methylen Blue Active Surfactant*); 2 parameter mikrobiologi yaitu *fecal coliform* dan *total coliform*.

Penentuan mutu air menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) yang mampu menentukan klasifikasi pencemaran Sungai Cibeureum seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan mutu air

Nilai Indeks	Klasifikasi
0 ≤ PI _j ≤ 1.0	Kondisi sungai sesuai dengan baku mutu atau tidak tercemar
1.0 < PI _j ≤ 5.0	Pencemaran ringan
5.0 < PI _j ≤ 10	Pencemaran sedang
PI _j > 10	Pencemaran berat

Sumber: KepMenLH No. 115/2003

Tabel 1 memperlihatkan klasifikasi sungai berdasarkan nilai indeks. Semakin besar nilai indeks, maka semakin berat sungai tercemar. Penentuan mutu air dilakukan setelah analisis kualitas sungai, dengan melakukan perhitungan pada setiap lokasi *sampling* dan berbagai musim. Tahapan penilaian status mutu air dengan menggunakan metode IP terdiri dari 7 langkah, yaitu:

- 1) Perhitungan C_i/L_{ij} untuk setiap parameter
- 2) Apabila konsentrasi suatu parameter menurun dan artinya tingkat pencemaran mengalami kenaikan seperti parameter DO, maka C_i/L_{ij} hasil *sampling* lapangan diganti dengan C_i/L_{ij} hasil perhitungan.
- 3) Apabila nilai L_{ij} memiliki nilai rentang seperti nilai pH, maka digunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2).

▪ $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{C_i - L_{ij} \text{ rata-rata}}{L_{ij} \text{ minimum} - L_{ij} \text{ rata-rata}} \dots(1)$$

▪ $C_i > L_{ij}$ rata-rata

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{C_i - L_{ij} \text{ rata-rata}}{L_{ij} \text{ maksimum} - L_{ij} \text{ rata-rata}} \dots(2)$$

- 4) Apabila nilai C_i/L_{ij} hasil *sampling* ≤ 1, maka tetap menggunakan nilai *sampling*.
- 5) Apabila nilai C_i/L_{ij} hasil *sampling* ≥ 1, maka digunakan Persamaan (3).

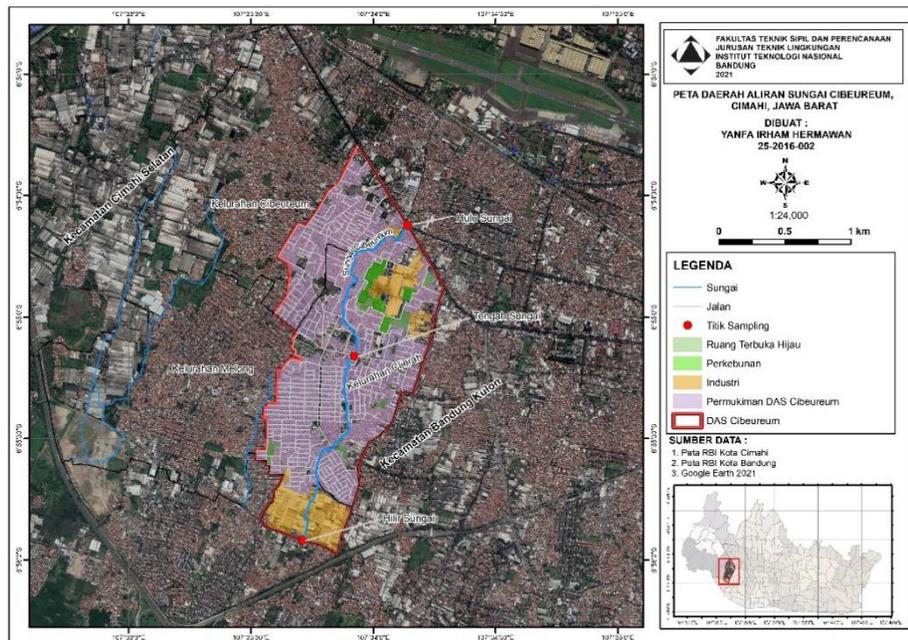
$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = 1 + P \cdot \text{Log} \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right) \text{ hasil } \textit{sampling} \dots(3)$$

- 6) Melakukan perhitungan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari nilai C_i/L_{ij} yang telah ditentukan.
- 7) Menentukan nilai P_{ij} menggunakan Persamaan (4).

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2\right)}{2}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- L_{ij} = Konsentrasi parameter sesuai dengan baku mutu peruntukan air (j)
- C_i = Konsentrasi parameter (i) dari hasil *sampling* pada lokasi pengambilan *sample* air
- P = Konstanta yang ditentukan dari hasil kajian pengamatan lingkungan sebelumnya
- PI_j = Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j)
- $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2$ = Nilai maksimum dari hasil pembagi C_i/L_{ij} parameter
- $\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2$ = Nilai rata-rata dari C_i/L_{ij} seluruh parameter



Gambar 1. Peta DAS Cibereum

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kualitas Air Sungai Cibereum

Berdasarkan hasil perbandingan antara kualitas air Sungai Cibereum dengan baku mutu air PP No. 82/2001 kelas II diketahui bahwa terdapat 15 dari 34 parameter yang melebihi baku mutu seperti yang akan dipaparkan pada uraian selanjutnya.

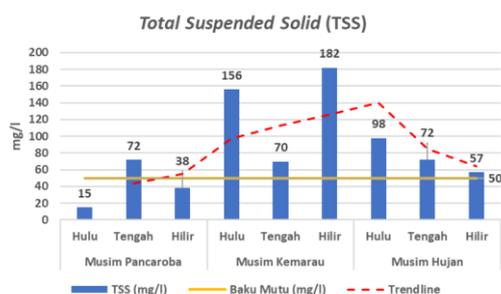
1. TSS

TSS merupakan parameter kualitas air yang menyatakan semua padatan tersuspensi yang ada dalam air. Sumber TSS berasal dari proses erosi, sedimentasi, dan peluruhan materi organik (Alley, 2007). Profil TSS di Sungai Cibereum ditampilkan pada Gambar 2. Pada musim pancaroba, hanya konsentrasi TSS di bagian tengah sungai yang melebihi baku mutu (50 mg.L^{-1}) yaitu sebesar 72 mg.L^{-1} . Sedangkan konsentrasi TSS pada musim kemarau dan hujan, tidak memenuhi di semua titik *sampling*.

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa konsentrasi TSS pada musim kemarau paling tinggi dibandingkan dengan musim pancaroba dan hujan. Hal ini disebabkan karena debit musim kemarau rendah sehingga terjadi pemekatan konsentrasi.

Debit sungai pada musim kemarau di bagian hulu, tengah, dan hilir masing-masing adalah sebesar $0.23 \text{ m}^3.\text{detik}^{-1}$, $3 \text{ m}^3.\text{detik}^{-1}$, dan $2.88 \text{ m}^3.\text{detik}^{-1}$. Debit tersebut sangat kecil sedangkan sumber pencemar dari aktivitas rumah tangga tetap sehingga konsentrasi mengalami peningkatan karena tidak ada proses pengenceran. Tingginya konsentrasi TSS juga bisa disebabkan oleh aktivitas domestik, proses erosi dan sedimentasi yang terjadi di sepanjang aliran sungai. Hal tersebut terjadi karena alih fungsi lahan yang cukup signifikan di bagian hulu sungai dan kondisi sungai yang belum dibangun tembok pembatas, sehingga berpotensi terjadi pengikisan tanah di tebing sungai yang menyebabkan peningkatan konsentrasi TSS, dilihat dari *trend* yang terus meningkat dari 156 mg.L^{-1} di bagian hulu menjadi 182 mg.L^{-1} di bagian hilir. Meskipun di bagian tengah sungai mengalami penurunan konsentrasi yang bisa disebabkan adanya fluktuasi dari bahan pencemar yang masuk ke badan air. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan sungai dapat berlangsung tidak efektif akibat tingginya konsentrasi zat tersuspensi (Rinawati, dkk., 2016). Kejadian tersebut menyebabkan proses fotosintesis dari fitoplankton air tidak berjalan optimal

sehingga menyebabkan konsentrasi oksigen dalam air mengalami penurunan. Selain itu, konsentrasi TSS yang tinggi menyebabkan air sungai menjadi keruh dan berwarna (Alley, 2007).



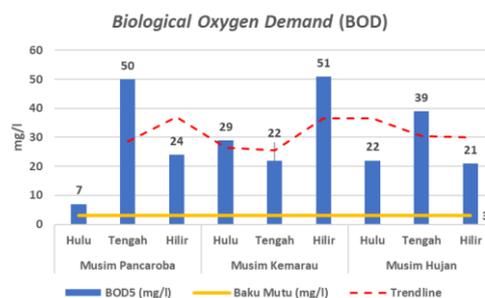
Gambar 2. Parameter TSS

2. BOD₅

BOD₅ merupakan salah satu parameter pencemar air yang menjelaskan konsentrasi bahan *organic biodegradable* yang terkandung dalam badan air (Alley, 2007). Profil konsentrasi BOD₅ ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi BOD₅ melebihi baku mutu (3 mg.L⁻¹) di semua titik *sampling*, baik pada musim pancaroba, kemarau maupun hujan. Konsentrasi BOD₅ di bagian hulu relatif lebih kecil dibanding dengan bagian tengah dan hilir sungai pada musim pancaroba dan hujan. Hal tersebut mengindikasikan terjadi proses akumulasi konsentrasi BOD₅ dari hulu menuju tengah sungai, dikarenakan bagian tengah sungai merupakan daerah permukiman padat sehingga berpotensi terjadinya penambahan bahan pencemar yang masuk ke sungai. Sedangkan di bagian hilir sungai konsentrasi BOD₅ cenderung menurun, hal ini terjadi karena bagian hilir merupakan daerah industri dimana bahan pencemar yang masuk ke sungai relatif lebih sedikit karena telah melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Selain itu pada bagian tengah menuju hilir sungai telah terjadi degradasi bahan organik yang menyebabkan kandungan organik menurun sehingga kadar BOD₅ ikut menurun. Penambahan debit air hujan yang terjadi pada musim pancaroba dan hujan menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi di bagian hilir sungai.

Konsentrasi BOD₅ pada setiap musim cenderung berfluktuasi dari hulu menuju hilir sungai. Pada musim pancaroba konsentrasi BOD₅ tinggi di bagian tengah sungai yaitu 50 mg.L⁻¹. Tingginya konsentrasi BOD₅ di bagian tengah sungai disebabkan terjadi penambahan beban pencemar berupa materi organik yang kemungkinan berasal dari sektor domestik. Pada musim kemarau konsentrasi BOD₅ tinggi di bagian hilir sungai yaitu 51 mg.L⁻¹. Hal tersebut disebabkan pada musim ini memiliki debit yang rendah sehingga beban pencemar BOD₅ tidak mengalami proses pengenceran alami sehingga konsentrasi BOD₅ berakumulasi ke bagian hilir. Pada musim hujan konsentrasi BOD₅ tinggi di bagian tengah sungai yaitu sebesar 39 mg.L⁻¹. Tingginya konsentrasi BOD₅ mengindikasikan bahwa perairan sudah tercemar (Daroini & Arisandi, 2020).

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa konsentrasi BOD₅ pada titik *sampling* bagian tengah sungai relatif lebih tinggi dibandingkan dengan titik *sampling* lainnya pada setiap musim. Tingginya konsentrasi BOD₅ disebabkan karena permukiman penduduk terkonsentrasi di bagian tengah sungai, selain itu belum adanya sistem pengelolaan air limbah domestik di lokasi penelitian menyebabkan air limbah dibuang ke sungai tanpa proses pengolahan terlebih dahulu (Hermawan & Wardhani, 2021). Hal ini dilihat dari *trend* yang cenderung meningkat di bagian tengah sungai menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut menurun sehingga proses dekomposisi materi organik secara aerobik dapat berubah menjadi anaerobik jika konsentrasi oksigen terlarut mendekati nol.

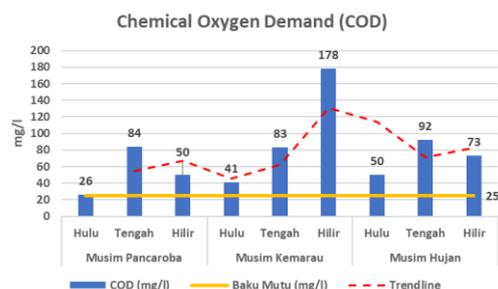


Gambar 3. Parameter BOD

3. COD

COD merupakan parameter yang menyatakan jumlah bahan organik yang mudah terurai dan sulit terurai dalam badan air (Atima, 2015). Baku mutu parameter COD untuk air kelas II sebesar 25 mg.L^{-1} . Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi COD melebihi baku mutu di semua titik *sampling* pada semua musim. Profil konsentrasi COD ditampilkan pada Gambar 4. Konsentrasi COD pada musim pancaroba dan hujan cenderung berfluktuasi dari hulu menuju hilir sungai. Sedangkan pada musim kemarau, konsentrasi COD cenderung meningkat dari hulu menuju hilir sungai.

Pada musim pancaroba, konsentrasi COD tertinggi terjadi di bagian tengah sungai yaitu sebesar 84 mg.L^{-1} . Hal yang sama terjadi pada musim hujan dengan konsentrasi COD tertinggi berada pada bagian tengah sungai mencapai 92 mg.L^{-1} . Pada musim kemarau, konsentrasi COD di bagian hulu hingga hilir sungai mengalami peningkatan konsentrasi dari 41 mg.L^{-1} menjadi 178 mg.L^{-1} . Hal tersebut disebabkan terjadinya akumulasi bahan organik yang mudah dan sulit terurai sehingga konsentrasi COD meningkat. Selain itu, rendahnya debit air sungai menyebabkan beban pencemaran organik yang masuk ke sungai mengalami peningkatan. Beban pencemaran COD yang tinggi mengindikasikan sudah melebihi daya tampung sungai, sehingga sungai tidak mampu mengalami proses pembersihan diri atau *self purification*. Beban pencemaran COD pada musim kemarau mencapai $6.220,80 \text{ kg.hari}^{-1}$ (Hermawan & Wardhani, 2021). Pada musim hujan, konsentrasi COD tinggi di bagian tengah sungai yaitu 92 mg.L^{-1} . Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa konsentrasi COD pada titik *sampling* bagian tengah sungai berfluktuasi pada setiap musim dengan konsentrasi berkisar $84\text{--}92 \text{ mg.L}^{-1}$. Fluktuasi yang terjadi tidak setinggi di bagian hilir, karena di bagian tengah yang merupakan pusat permukiman sumber pencemar COD cenderung konstan di berbagai musim. Tingginya konsentrasi COD di Sungai Cibeureum merupakan indikasi pencemaran bahan organik (Atima, 2015).



Gambar 4. Parameter COD

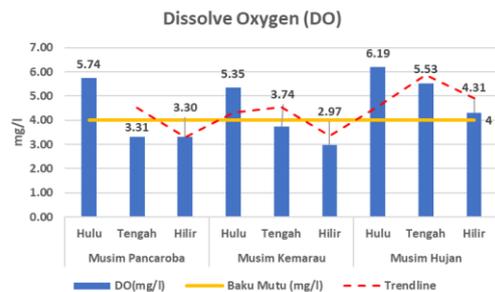
4. DO

Oksigen terlarut dalam air merupakan salah satu parameter yang menentukan tercemar atau tidaknya suatu badan air. Keberadaan oksigen diperlukan untuk menunjang kehidupan makhluk air (Effendi, 2003). Konsentrasi DO pada musim pancaroba dan kemarau di bagian tengah dan hilir sungai kurang dari baku mutu yang ditetapkan yaitu $> 4 \text{ mg.L}^{-1}$. Konsentrasi DO di Sungai Cibeureum ditampilkan pada Gambar 5.

Pada musim pancaroba, konsentrasi DO pada bagian hulu hingga hilir mengalami penurunan konsentrasi DO dari 5.74 mg.L^{-1} menjadi 3.30 mg.L^{-1} , begitu pula konsentrasi DO pada musim kemarau dan musim hujan yang juga mengalami penurunan pada bagian hulu hingga hilir. Pada musim kemarau, konsentrasi DO pada bagian hulu hingga hilir mengalami penurunan konsentrasi dari 5.35 mg.L^{-1} menjadi 2.97 mg.L^{-1} . Pada musim hujan, konsentrasi DO pada bagian hulu hingga hilir mengalami penurunan dari 6.19 mg.L^{-1} menjadi 4.31 mg.L^{-1} . Penyebabnya adalah karena di bagian hulu sungai beban pencemar belum banyak, sehingga oksigen terlarut masih cukup untuk proses dekomposisi oleh mikroorganisme.

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa konsentrasi DO paling tinggi berada di titik *sampling* bagian hulu sungai pada setiap musim, dan terjadi penurunan konsentrasi menuju hilir sungai. Konsentrasi DO yang terus menurun terjadi karena konsentrasi BOD_5 dan COD di Sungai Cibeureum yang tinggi. Dilihat dari *trend* konsentrasi DO yang terus menurun di bagian hulu menuju hilir sungai. Konsentrasi DO dalam air secara teoritis berkorelasi terbalik dengan BOD_5 , semakin tinggi konsentrasi BOD_5

menyebabkan konsentrasi DO menurun karena digunakan untuk proses degradasi materi organik secara aerob (Daroini, & Arisandi, 2020). Namun berdasarkan hasil penelitian konsentrasi BOD₅ dan COD cenderung berfluktuatif, hal tersebut dikarenakan terdapat faktor penentuan BOD₅ seperti suhu, mikroba, densitas plankton, serta jenis dan kandungan bahan organik (Effendi, 2003).

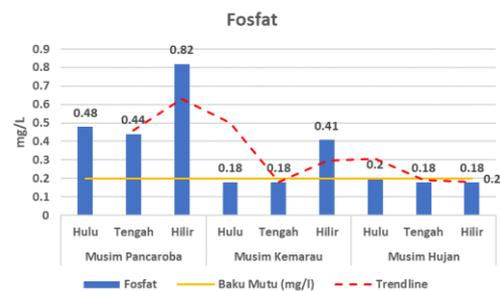


Gambar 5. Parameter DO

5. Fosfat

Fosfat merupakan parameter pencemaran air yang dapat meningkatkan kesuburan badan air. Proses pertumbuhan alga serta tumbuhan air yang tidak terkendali dipicu tingginya unsur ini dalam air. Sumber fosfat berasal dari limbah domestik, industri maupun pertanian (Alley, 2007). Berdasarkan hasil pengukuran, parameter fosfat tidak memenuhi baku mutu (0.2 mg.L^{-1}) pada musim pancaroba di semua titik dan pada musim kemarau di bagian tengah seperti yang ditampilkan pada Gambar 6. Pada musim pancaroba, konsentrasi fosfat cenderung berfluktuasi dari hulu menuju hilir sungai. Konsentrasi fosfat di bagian hilir sungai tinggi yaitu sebesar 0.82 mg.L^{-1} . Tingginya konsentrasi fosfat dalam air sungai diprediksi berasal dari buangan air limbah domestik yang masuk ke sungai tanpa mengalami proses pengolahan terlebih dahulu. Detergen yang terdapat di dalam air limbah, mengandung surfaktan yang akan berkombinasi dengan polifosfat sehingga dapat meningkatkan konsentrasi fosfat dalam air (Utomo, dkk., 2018). Pada musim kemarau, konsentrasi fosfat di bagian hulu sampai hilir sungai mengalami peningkatan dari 0.18 menjadi 0.41 mg.L^{-1} . Pada musim hujan, konsentrasi

fosfat di bagian hulu menuju hilir sungai menurun dari 0.2 menjadi 0.18 mg.L^{-1} .



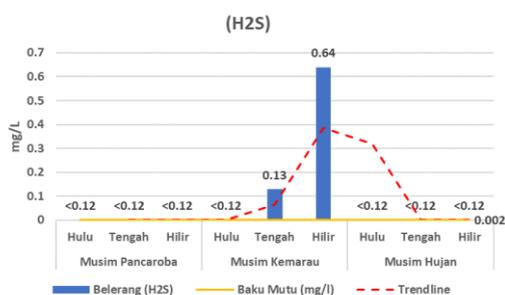
Gambar 6. Parameter fosfat

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa konsentrasi fosfat paling tinggi terjadi pada musim pancaroba, dimana konsentrasi fosfat melebihi baku mutu di semua titik *sampling*. Meskipun wilayah penelitian sebagian besar diperuntukkan untuk kawasan permukiman padat, namun di bagian hulu yang merupakan wilayah Lembang Kabupaten Bandung Barat menjadi pusat budidaya pertanian dan perkebunan yang menggunakan pupuk NPK. Sehingga limbah pertanian dan perkebunan yaitu residu pupuk berpotensi masuk dan mencemari badan air. Konsentrasi fosfat yang tinggi di Sungai Cibeureum akan masuk ke Sungai Citarum dan berakumulasi di Waduk Saguling sebagai waduk pertama yang menampung Sungai Citarum. Pencemaran di Sungai Cibeureum akan memberi kontribusi terjadinya pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) di Waduk Saguling. Tertutupnya permukaan waduk oleh tanaman air menyebabkan proses pendangkalan dan menurunkan konsentrasi DO dalam air waduk (Wardhani, dkk., 2017b; Utomo, dkk., 2018).

6. H₂S

H₂S merupakan gas yang terbentuk dari proses penguraian materi organik secara anaerob. Tingginya konsentrasi gas ini di dalam air menandakan kondisi badan air telah kekurangan oksigen (Alley, 2007). Konsentrasi H₂S tidak memenuhi baku mutu (0.002 mg.L^{-1}) di semua bagian sungai di ketiga musim seperti yang ditampilkan pada Gambar 7. Konsentrasi H₂S tertinggi terjadi pada musim kemarau dan terus

meningkat di bagian hulu menuju hilir sungai dari $< 0.12 \text{ mg.L}^{-1}$ menjadi 0.64 mg.L^{-1} . Tingginya konsentrasi H_2S pada musim kemarau disebabkan debit yang rendah, bahan organik yang masuk ke sungai dan terjadi degradasi bahan organik secara anaerob sehingga menghasilkan H_2S . Sifat H_2S dalam badan air yaitu mudah larut, toksik dan menimbulkan bau tidak sedap. Terbentuknya H_2S dan rendahnya pH dalam badan air akan menyebabkan kelarutan logam berat yang awalnya terikat dalam sedimen mengalami peningkatan seperti yang terdeteksi di Sungai Citarum dan Waduk Saguling (Wardhani, dkk., 2017b). Hal ini menyebabkan tingkat bahaya dari logam berat meningkat dan membahayakan ekosistem badan air (Wardhani, dkk., 2017b).

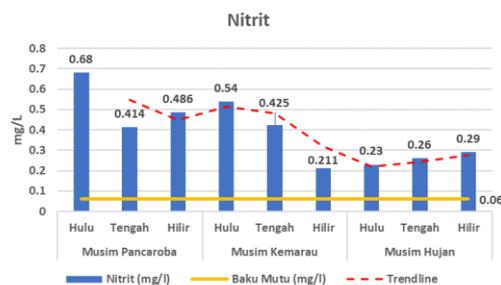


Gambar 7. Parameter H_2S

7. Nitrit

Nitrit merupakan bagian dari nitrogen yang teroksidasi. Konsentrasi nitrit dalam badan air hanya sedikit dan berubah secara cepat, karena bersifat tidak stabil (Ginting, 2007). Berdasarkan hasil analisis, parameter nitrit tidak memenuhi baku mutu (0.06 mg.L^{-1}) di semua titik *sampling* pada ketiga musim seperti yang ditampilkan pada Gambar 8. Pada musim pancaroba, konsentrasi nitrit berfluktuatif di bagian hulu sampai hilir sungai dari 0.680 menjadi 0.486 mg.L^{-1} . Pada musim kemarau, konsentrasi nitrit cenderung menurun seiring menuju hilir sungai dari 0.54 menjadi 0.211 mg.L^{-1} . Sedangkan pada musim hujan, konsentrasi nitrit cenderung meningkat seiring menuju hilir dari 0.23 menjadi 0.29 mg.L^{-1} . Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa konsentrasi nitrit cenderung tinggi di hulu sungai. Hal tersebut dilihat dari *trend* konsentrasi nitrit

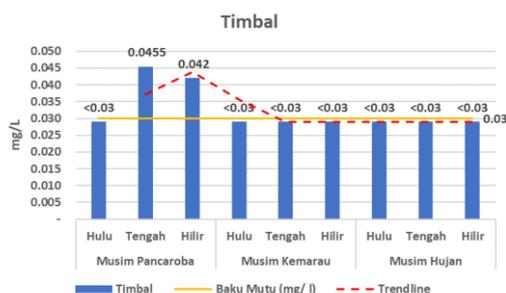
pada musim pancaroba dan kemarau. Nitrit dalam perairan alami memiliki konsentrasi yang sangat kecil, tingginya nitrit dalam perairan bisa disebabkan oleh tingginya materi organik yang ada di sungai, seperti amonia (NH_3) yang kemudian terjadi proses oksidasi oleh bakteri nitrit menjadi nitrit (NO_2). Konsentrasi nitrit yang tinggi bersifat toksik bagi organisme perairan (Effendi, 2003).



Gambar 8. Parameter nitrit

8. Pb

Timbal (Pb) merupakan logam berat yang memiliki toksisitas tinggi. Pb berada di badan air berasal dari peluruhan batuan yang mengandung Pb dan aktivitas industri terutama pada proses pembakaran batubara. Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi Pb tidak memenuhi baku mutu pada musim pancaroba. Konsentrasi Pb cenderung meningkat dari hulu menuju hilir sungai, hal tersebut menunjukkan terjadinya akumulasi logam di bagian hilir sungai. Sumber Pb diprediksi berasal dari aktivitas industri yang terdapat di sepanjang aliran sungai seperti industri tekstil, penyamakan kulit, kimia, dan elektronik. Konsentrasi Pb seperti logam berat lainnya sebagian besar terakumulasi di sedimen, ketika kondisi lingkungan mendukung maka Pb akan terlepas dan mencemari air sehingga disebut sumber pencemar sekunder. Hal tersebut terjadi di Waduk Saguling dimana konsentrasinya terdeteksi dalam jumlah besar di sedimen (Wardhani *et al.*, 2017a; Wardhani *et al.*, 2017c). Berdasarkan hasil analisis konsentrasi Pb tidak memenuhi baku mutu (0.03 mg.L^{-1}) di bagian tengah dan hilir sungai pada musim pancaroba seperti yang ditampilkan pada Gambar 9.



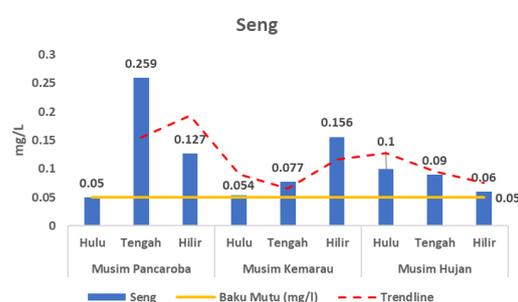
Gambar 9. Parameter Pb

Pada musim pancaroba, konsentrasi Pb cenderung berfluktuatif dari hulu menuju hilir sungai. Konsentrasi Pb tertinggi terjadi di bagian tengah sungai yaitu sebesar 0.0455 mg.L⁻¹. Tingginya konsentrasi Pb mengindikasikan adanya beban pencemar tambahan mengandung Pb yang masuk ke perairan yang diprediksi berasal dari aktivitas domestik. Pada musim kemarau dan hujan, konsentrasi Pb relatif kecil yaitu kurang dari 0.03 mg.L⁻¹. Hal tersebut berarti konsentrasi Pb yang ada di perairan termasuk normal karena kemungkinan Pb yang ada di perairan berasal dari hasil peluruhan batuan secara alami. Berdasarkan Gambar 9 diketahui bahwa konsentrasi Pb cenderung berada di bawah baku mutu yaitu kurang dari 0.03 mg.L⁻¹ pada setiap musim, kecuali pada musim pancaroba di bagian tengah dan hilir sungai.

9. Seng (Zn)

Zn merupakan logam yang jumlahnya banyak ditemukan di alam. Konsentrasi Zn di semua titik *sampling* pada ketiga musim tidak memenuhi baku mutu (0.05 mg.L⁻¹), kecuali di bagian hulu sungai musim pancaroba seperti yang ditampilkan pada Gambar 10. Pada musim pancaroba, konsentrasi Zn cenderung berfluktuasi dari hulu menuju hilir sungai. Konsentrasi Zn tinggi di bagian tengah sungai yaitu 0.259 mg.L⁻¹. Musim kemarau, konsentrasi Zn mengalami peningkatan dari hulu menuju hilir yaitu 0.054 mg.L⁻¹ menjadi 0.156 mg.L⁻¹. Tingginya konsentrasi Zn dapat menimbulkan efek toksik dan toksisitas Zn akan berkurang seiring dengan penurunan oksigen terlarut (Effendi, 2003). Hal ini terjadi pada musim hujan, konsentrasi Zn mengalami

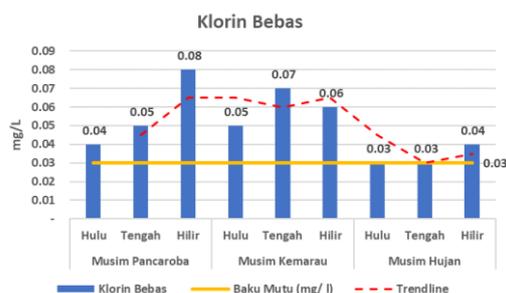
penurunan dari hulu menuju hilir sungai yaitu 0.10 mg.L⁻¹ menjadi 0.06 mg.L⁻¹. Berdasarkan Gambar 10, diketahui bahwa konsentrasi Zn memiliki konsentrasi diatas baku mutu pada semua musim. Berdasarkan tata guna lahan DAS Cibeureum, Zn berasal dari aktivitas domestik, industri dan pertanian atau perkebunan yang ada di sepanjang sungai. Limbah seperti residu pupuk, hasil penyepuhan logam dan penggunaan batu bara di industri menyebabkan pencemaran tambahan logam Zn yang masuk ke sungai (Effendi, 2003).



Gambar 10. Parameter Zn

10. Klorin Bebas

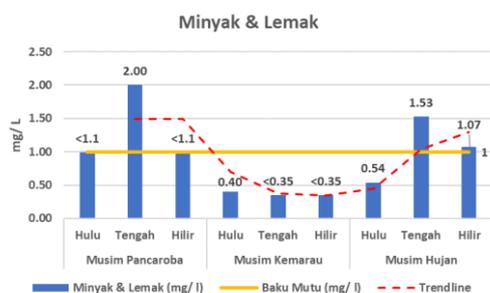
Klorin dapat bereaksi dengan materi organik dalam air limbah yang menyebabkan karsinogen (Alley, 2007). Konsentrasi klorin bebas tidak memenuhi baku mutu (sebesar 0.03 mg.L⁻¹) di semua titik pada musim pancaroba, kemarau, dan di hilir sungai pada musim hujan seperti yang ditampilkan pada Gambar 11. Pada musim pancaroba, konsentrasi klorin bebas meningkat pada musim pancaroba di bagian hulu menuju hilir sungai dari 0.04 menjadi 0.08 mg.L⁻¹. Pada musim kemarau konsentrasi klorin bebas berfluktuatif, dan di bagian tengah sungai memiliki konsentrasi tinggi yaitu 0.07 mg.L⁻¹. Pada musim hujan, konsentrasi klorin bebas cenderung berada di bawah baku mutu kecuali di bagian hilir sungai yaitu 0.04 mg.L⁻¹. Berdasarkan hal tersebut, konsentrasi klorin bebas cenderung tinggi di bagian hilir sungai yang merupakan wilayah industri. Buangan air limbah industri mengandung klorin yang berlebihan, sehingga konsentrasi klorin bebas ikut meningkat.



Gambar 11. Parameter klorin bebas

11. Minyak dan Lemak

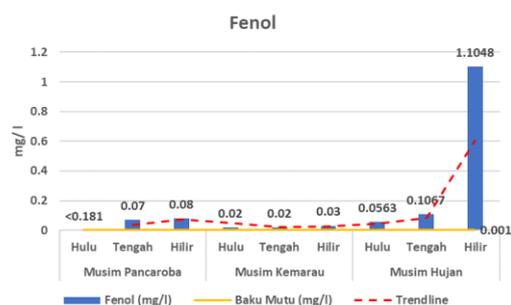
Parameter ini merupakan berasal dari limbah domestik. Berdasarkan analisis, pada musim pancaroba dan hujan konsentrasi minyak dan lemak tidak memenuhi baku mutu (1 mg.L^{-1}) seperti yang ditampilkan pada Gambar 12. Pada musim pancaroba, konsentrasi minyak dan lemak cenderung berfluktuatif dari hulu menuju hilir sungai. Konsentrasi minyak dan lemak tinggi di bagian tengah sungai yaitu 2 mg.L^{-1} . Pada musim kemarau konsentrasi minyak dan lemak cenderung di bawah baku mutu yaitu 0.40 mg.L^{-1} di bagian hulu dan $< 0.35 \text{ mg.L}^{-1}$ di bagian tengah dan hilir sungai. Pada musim hujan, konsentrasi minyak dan lemak berfluktuasi dari hulu ke hilir dengan konsentrasi tinggi di bagian tengah sungai yaitu 1.53 mg.L^{-1} . Berdasarkan Gambar 12 diketahui bahwa konsentrasi minyak dan lemak cenderung tinggi di bagian tengah sungai. Tingginya konsentrasi minyak dan lemak diprediksi dari beban pencemar minyak dan lemak tambahan yang berasal dari sektor domestik. Adanya minyak dan lemak dalam perairan dapat mengganggu penetrasi cahaya matahari sehingga mengurangi laju fotosintesis di dalam air (Hendrawan, 2008).



Gambar 12. Parameter minyak dan lemak

12. Fenol

Fenol dapat menyebabkan bau dan rasa, dan biasanya ditemukan pada limbah industri (Alley, 2007). Baku mutu fenol untuk air kelas II yaitu 0.001 mg.L^{-1} . Konsentrasi fenol di Sungai Cibeureum tidak memenuhi baku mutu pada semua musim seperti ditampilkan pada Gambar 13. Berdasarkan Gambar 13 diketahui bahwa konsentrasi fenol cenderung meningkat dari hulu hingga hilir sungai pada setiap musim, dengan konsentrasi fenol paling tinggi terdapat di bagian hilir sungai terutama pada musim hujan yang memiliki konsentrasi yaitu 1.1048 mg.L^{-1} . Konsentrasi fenol di bagian hilir cenderung tinggi, karena daerah hilir sungai merupakan kawasan industri, sehingga diprediksi limbah industri yang masuk ke sungai masih mengandung fenol. Tingginya konsentrasi fenol dapat berakibat toksik dan korosif pada makhluk hidup dalam perairan.

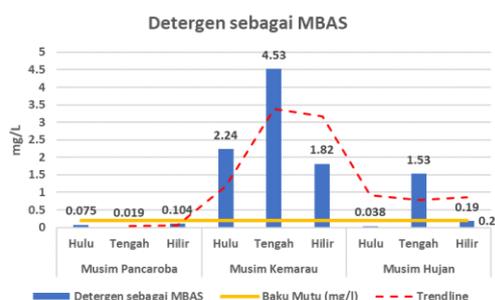


Gambar 13. Parameter fenol

13. Detergen sebagai MBAS

Kandungan detergen berasal dari limbah domestik. Baku mutu air kelas II untuk parameter detergen sebagai MBAS sebesar 0.2 mg.L^{-1} . Konsentrasi detergen di Sungai Cibeureum tidak memenuhi peruntukan pada musim kemarau dan hujan seperti yang ditampilkan pada Gambar 14. Pada musim pancaroba, konsentrasi detergen relatif dibawah baku mutu, sedangkan pada musim kemarau konsentrasi detergen cenderung tinggi dan berfluktuatif dengan konsentrasi paling tinggi sebesar 4.53 mg.L^{-1} di bagian tengah sungai. Pada musim hujan, konsentrasi detergen tinggi terjadi di bagian tengah sungai yaitu sebesar 1.53 mg.L^{-1} . Berdasarkan Gambar 14 diketahui bahwa konsentrasi detergen

sebagai MBAS paling tinggi yaitu di bagian tengah sungai terutama pada musim kemarau. Hal ini dikarenakan di bagian tengah sungai merupakan kawasan permukiman padat penduduk sehingga limbah yang mengandung detergen berpotensi besar masuk ke dalam sungai dalam jumlah yang besar.

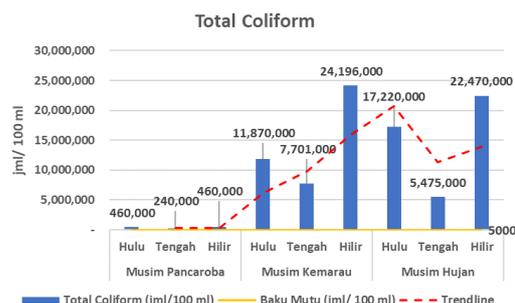


Gambar 14. Parameter detergen sebagai MBAS

14. Total Coliform

Baku mutu *total coliform* untuk air kelas II yaitu 5,000 jumlah per 100 ml. Jumlah bakteri ini tinggi di Sungai Cibeureum seperti yang ditampilkan pada Gambar 15. Jumlah *total coliform* di ketiga musim senantiasa meningkat di bagian hulu dan hilir sungai. Sedangkan di tengah sungai konsentrasi *total coliform* cenderung lebih kecil dari titik hulu dan hilir pada setiap musim. Hal ini bisa disebabkan titik tengah sungai merupakan kawasan permukiman padat, sehingga limbah yang masuk hanya berasal dari aktivitas domestik saja. *Trend* peningkatan konsentrasi *total coliform* terbesar terjadi pada musim kemarau yaitu 11–24 juta jumlah per 100 ml. Diprediksi sumber utama pencemaran *total coliform* berasal dari buangan tinja manusia yang tinggal di sepanjang sungai. Bagian hilir sungai memiliki konsentrasi *total coliform* paling tinggi yaitu 24,196,000 jumlah per 100 ml. Hal ini mengindikasikan tingginya beban pencemar feses manusia yang masuk ke sungai. Pada musim hujan, konsentrasi *total coliform* cenderung berfluktuatif dengan bagian hilir memiliki konsentrasi paling tinggi yaitu 22,470,000 jumlah per 100 ml. Berdasarkan Gambar 15 diketahui bahwa terjadi *trend* peningkatan konsentrasi *total coliform* di hilir sungai setiap musim. Hal ini mengindikasikan

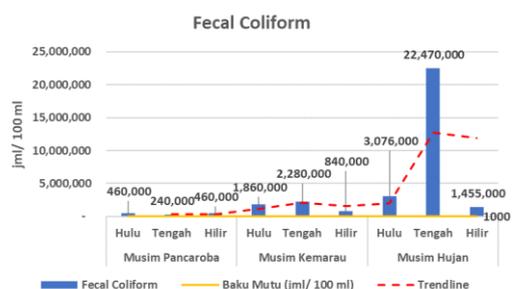
banyaknya sumber pencemar *total coliform* baik berasal dari aktivitas domestik maupun alam yang masuk ke Sungai Cibeureum. Adanya *total coliform* dalam perairan membuat materi organik semakin meningkat. Hal ini dapat menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut di perairan semakin berkurang karena dipakai mikroorganisme untuk proses dekomposisi materi organik.



Gambar 15. Parameter *total coliform*

15. Fecal Coliform

Peruntukan parameter *fecal coliform* untuk air kelas II yaitu 1000 jumlah per 100 ml. Jumlah bakteri *fecal coliform* tidak memenuhi baku mutu pada semua musim seperti yang ditampilkan pada Gambar 16. Konsentrasi *fecal coliform* cenderung berfluktuatif dari hulu hingga hilir sungai pada setiap musim, dengan konsentrasi tertinggi mencapai 22,470,000 jumlah per 100 ml di bagian tengah sungai pada musim hujan. Berdasarkan Gambar 16 diketahui bahwa konsentrasi *fecal coliform* paling tinggi ditemukan di bagian tengah sungai, terutama pada musim kemarau dan hujan. Tingginya konsentrasi *fecal coliform* mengindikasikan banyaknya limbah *black water* dari sektor domestik yang langsung dibuang ke sungai tanpa proses pengolahan terlebih dahulu.



Gambar 16. Parameter *fecal coliform*

Tabel 2. Nilai Indeks dan Klasifikasi Pencemaran di Sungai Cibeureum

Waktu Pengukuran	Nilai Indeks			Klasifikasi		
	Hulu	Tengah	Hilir	Hulu	Tengah	Hilir
Musim Pancaroba	10.39	9.58	10.57	Tercemar Berat	Tercemar Sedang	Tercemar Berat
Musim Kemarau	13.21	13.26	14.43		Tercemar Berat	Tercemar Berat
Musim Hujan	13.67	16.65	14.15		Tercemar Berat	

Status Mutu Air

Berdasarkan hasil analisis, mutu air Sungai Cibeureum termasuk dalam kategori tercemar berat di semua titik lokasi pada ketiga musim, kecuali di bagian tengah pada musim pancaroba yang masuk dalam kategori tercemar sedang. Nilai Indeks Pencemaran pada musim pancaroba berkisar antara 9.58–10.57, musim kemarau berkisar 13.21–14.43, dan musim hujan berkisar 13.67–16.65. Tingginya nilai Indeks Pencemaran sangat dipengaruhi oleh parameter kunci yaitu BOD₅, COD, TSS, *fecal coliform* dan *total coliform*. Tabel 2 menunjukkan tingginya nilai Indeks Pencemaran. Musim hujan memiliki skor Indeks Pencemaran paling tinggi dibanding dengan musim lainnya, tepatnya di bagian tengah sungai. Hal ini dilihat dari parameter kunci yang memiliki konsentrasi tinggi di bagian tengah sungai. Jika dilihat berdasarkan tata guna lahan, DAS Cibeureum didominasi oleh kawasan padat penduduk, hal tersebut menjadikan sektor domestik sebagai sumber utama pencemaran di Sungai Cibeureum.

Penelitian yang dilakukan di sungai lain Kota Cimahi seperti Sungai Cibaligo dan Sungai Cisangkan menghasilkan mutu air yang tidak jauh berbeda dengan Sungai Cibeureum. Sektor domestik menjadi sektor yang menyumbang beban pencemaran yang signifikan di ketiga sungai yang ditinjau (Anggraini & Wardhani, 2021; Rosmeiliyana & Wardhani, 2021). Penelitian mengenai beban pencemar di sungai yang sama juga menyimpulkan bahwa hampir semua beban pencemar aktual melebihi beban pencemar maksimum yang diijinkan di berbagai musim. Beban pencemar utama yang perlu diturunkan yaitu parameter TSS sebesar 397–8,896 kg.hari⁻¹, BOD₅ sebesar 135–9,331 kg.hari⁻¹, COD sebesar 34–17,366 kg.hari⁻¹, fosfat sebesar

9–95 kg.hari⁻¹, Pb sebesar 2 kg.hari⁻¹, Zn sebesar 1–30 kg.hari⁻¹, nitrit sebesar 7–65 kg.hari⁻¹, klorin bebas sebesar 1–8 kg.hari⁻¹, minyak dan lemak sebesar 17–145 kg.hari⁻¹, fenol sebesar 2–27 kg.hari⁻¹, dan detergen sebagai MBAS sebesar 28–345 kg.hari⁻¹ (Hermawan & Wardhani, 2021). Penurunan beban pencemaran yang masuk ke Sungai Cibeureum akan meningkatkan kualitas mutu sungai ini. Status mutu air Sungai Cibeureum yang tercemar berat memerlukan upaya pengendalian dalam mengatasi pencemaran yang terjadi. Pengelolaan air limbah domestik dapat dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 4/2017 (PerMenPUPR No. 4/2017). Pengelolaan air limbah domestik di DAS Cibeureum memerlukan penapisan untuk menentukan jenis pengelolaan air limbah secara sistem terpusat (*off-site*) maupun sistem setempat (*on-site*).

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan BOD₅, COD, TSS, *fecal coliform* dan *total coliform* merupakan parameter hasil analisis kualitas air yang menjadi faktor utama dalam pencemaran Sungai Cibeureum. Hal ini dilihat dari tingginya konsentrasi hasil pengukuran terhadap baku mutu yang ditetapkan, sehingga sektor domestik menjadi penyumbang pencemaran paling tinggi. Selain itu, Sungai Cibeureum memiliki Indeks Pencemaran kategori tercemar berat hampir di seluruh lokasi *sampling* pada berbagai musim. Musim hujan memiliki nilai Indeks Pencemaran paling tinggi yaitu 13.67 (hulu), 16.65 (tengah), dan 14.15 (hilir) sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alley, E. R. (2007). *Water quality control handbook* (2nd Ed). McGraw-Hill.

- Anggraini, Y., & Wardhani, E. (2021). Studi mutu air Sungai Cibaligo Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat dengan metode Indeks Pencemar. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1), 1478-1487. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i1.2589>
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 4(1), 83-93. <http://dx.doi.org/10.33477/bs.v4i1.532>
- Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(4), 558-566. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i4.9037>
- Desriyan, R., & Wardhani, E. (2015). Identifikasi pencemaran logam berat timbal (Pb) pada perairan Sungai Citarum Hulu segmen Dayeuhkolot sampai Nanjung. *Jurnal Reka Lingkungan*, 3(1), 41-52. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v3i1.%25p>
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi. (2020). *Dokumen Informasi Kinerja Lingkungan Hidup Daerah Kota Cimahi 2020*. Wali Kota Cimahi. <https://dlh.cimahikota.go.id/uploads/downloads/4ad48b0adc71cb02524324f9fc80c987.pdf>.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Ginting, P. (2007). *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. CV. Yrama Widya.
- Hendrawan, D. (2008). Kualitas air Sungai Ciliwung ditinjau dari parameter minyak dan lemak. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 15(2), 85-93.
- Hermawan, Y. I., & Wardhani, E. (2021). Analisis dampak limbah domestik terhadap kualitas air Sungai Cibeureum, Kota Cimahi. *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur (SNTI) UGM*, 1, 611-618.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2003). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 115 Tahun 2003 tentang *Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2017 Tentang *Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Menteri Sekretaris Negara Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. Kementerian Sekretaris Negara Republik Indonesia.
- Rachmaningrum, M., Pharmawati, K., & Wardhani, E. (2015). Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada perairan Sungai Citarum Hulu segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Jurnal Reka Lingkungan*, 3(1), 19-29. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v3i1.%25p>
- Rinawati, R., Hidayat, D., Supriyanto, S., & Sari Dewi, P. (2016). Penentuan kandungan zat padat (*Total Dissolved Solid* dan *Total Suspended Solid*) di perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 36-45.
- Rosmeiliyana, & Wardhani, E. (2021). Perhitungan status mutu air Sungai Cisangkan Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur (SNTI) UGM*, 1, 604-610.
- Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nurfitriya, N., & Ullfindrayani, I. F. (2018). Penurunan kadar surfaktan anionik dan fosfat dalam air limbah laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan karbon aktif. *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 127-140.

<https://dx.doi.org/10.12962/j25493736.v3i1.3528>

Wardhani, E., Notodarmojo, S., & Roosmini, D. (2017a). Heavy metal speciation in sediments in Saguling Lake West Java Indonesia. *international Journal of Geomate*, 12(34), 146-151. <http://dx.doi.org/10.21660/2017.34.2791>

Wardhani, E., Roosmini, D., & Notodarmojo, S. (2017b). Pencemaran kadmium di sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat (Cadmium ipollution in Saguling Dam Sediment West Java Province). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 285-294. <https://doi.org/10.22146/jumlah.18802>

Wardhani, E., Roosmini, D., & Notodarmojo, S. (2017c). Status of heavy metal in sediment of Saguling Lake, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 60(1), 012035. IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/60/1/012035/meta>.

Wardhani, E., & Sulistiowati, L. A. (2018). Kajian Daya Tampung Sungai Citarik Provinsi Jawa Barat. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 2(2). <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2393>