

Dampak Aktivitas Manusia terhadap Kualitas Air Sungai Wariori di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat

Human Activity's Impact on the Wariori River's Water Quality in the Manokwari Regency of West Papua Province

Ahmad Almaun¹, Syafrudin Raharjo^{2,3}, Achmad Taher⁴

¹Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat, 98314, Indonesia

²Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat, 98314, Indonesia

³Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Papua

⁴Jurusan Kimia Fakultas MIPA UNIPA, Manokwari, Indonesia

Koresponden Autor: Syafrudin Raharjo, email: s.raharjo@unipa.ac.id

Ahmad Almaun, email: almaunahmad90@gmail.com ; Ahmad Taher, email: a.taher@unipa.ac.id

Disubmit: 10 Juli 2024, Direvisi: 10 Agustus 2024, Diterima: 31 Agustus 2024

ABSTRAK

Studi ini meneliti kualitas air Sungai Wariori di Kabupaten Manokwari, Papua Barat, yang terpengaruh oleh aktivitas pertambangan emas ilegal, perkebunan kelapa sawit, dan pemanfaatan hutan. Penelitian dilakukan dengan menghitung Indeks Pencemaran (IP) dari lima titik pengamatan pada musim kemarau dan hujan. Hasilnya menunjukkan bahwa parameter seperti Total Suspended Solids (TSS) dan total fosfat melebihi batas yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. TSS yang tinggi terutama pada musim hujan mengindikasikan peningkatan erosi dan sedimentasi. Meskipun beberapa parameter lain seperti pH, DO, COD, BOD, nitrat, dan total koliform masih di bawah baku mutu, nilai IP menunjukkan bahwa seluruh titik penelitian berada dalam status tercemar. Studi ini menekankan perlunya pengelolaan lingkungan yang lebih baik untuk mengurangi dampak negatif dari aktivitas manusia terhadap ekosistem Sungai Wariori. Penelitian ini menggarisbawahi urgensi tindakan konservasi dan perbaikan kualitas lingkungan untuk melindungi sumber daya air tersebut.

Kata Kunci: *Indeks Pencemaran, Kualitas Air, Tercemar, Pengelolaan Lingkungan, Sungai Wariori*

ABSTRACT

This study investigates the water quality of the Wariori River in Manokwari Regency, West Papua, which is affected by illegal gold mining, palm oil plantations, and forest resource exploitation. The research involved calculating the Pollution Index (IP) at five observation points during dry and rainy seasons. The results indicate that parameters such as total suspended solids (TSS) and total phosphate exceeded the limits established by Government Regulation No. 22 of 2021. Elevated TSS levels, especially during the rainy season, suggest increased erosion and sedimentation. While other parameters, including pH, DO, COD, BOD, nitrate, and total coliform, remain below quality standards, the IP values reveal that all sampling points are polluted. This study emphasizes the necessity for improved environmental management to alleviate the adverse effects of human activities on the Wariori River ecosystem. It highlights the urgency of conservation efforts and the enhancement of environmental quality to safeguard this vital water resource.

Keywords: *Environmental Management, Pollution Index, Polluted, Wariori River, Water Quality*

PENDAHULUAN

Salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang penting di Kabupaten Manokwari adalah Sungai Wariori. Sungai ini memiliki pola aliran sungai dendritik dan panjangnya sekitar 96 kilometer. Sungai Wariori bermuara di Samudra Pasifik dari hulunya di Distrik Anggi Gida, Kabupaten Pegunungan Arfak. Banyak sungai, termasuk sungai Jofsirera, Wasirowi, Warmomi, Enggimun, Warkesi, dan Sihua, bergabung membentuk satu sungai ini. Sumber Sungai Wariori di Kabupaten Pegunungan Arfak merupakan daerah perbukitan dengan luas DAS 1437,2 km². Diperkirakan debit sungai ini mencapai 1.534 juta m³/tahun (Badan Pusat Statistik Kabupaten Manokwari, 2018).

Pemanfaatan hutan dibagian hulu maupun di sempadan Sungai Wariori untuk kepentingan pertambangan ilegal, pembukaan lahan perkebunan sawit rakyat, dan pemanfaatan sumberdaya hutan oleh masyarakat di sempadan Sungai Wariori telah menimbulkan dampak terhadap kondisi lingkungan fisik maupun sosial masyarakat sekitarnya. Alih fungsi hutan menjadi pertambangan ilegal, perkebunan sawit rakyat, dan pemanfaatan sumberdaya hutan di sempadan sungai telah menimbulkan kerusakan lingkungan hidup. Banjir yang sering terjadi di beberapa kampung di Muara Sungai Wariori disebabkan oleh luapan sungai akibat tingginya aliran permukaan (*run off*)

dibandingkan dengan laju infiltrasi. Tingginya aliran permukaan juga akan meningkatkan terjadinya pendangkalan sungai akibat sedimentasi dan terjadi pencemaran akibat meningkatnya kekeruhan air sungai.

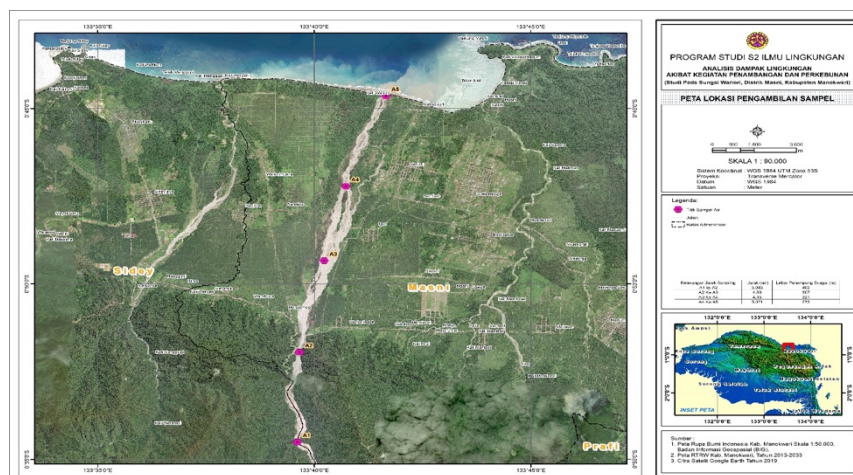
Kerusakan lingkungan hidup merupakan isu penting yang perlu ditelaah lebih jauh untuk mendapatkan data dan informasi yang tepat dalam rangka pengelolaan dan perlindungan lingkungan hidup. Berdasarkan kondisi tersebut perlu dilakukan upaya monitoring kondisi kualitas air untuk menentukan status pencemaran di Sungai Wariori Kabupaten Manokwari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status pencemaran Sungai Wariori akibat aktivitas pertambangan, perkebunan sawit, dan pemanfaatan sumberdaya hutan di sempadan sungai Wariori dengan menggunakan pendekatan perhitungan Indeks Pencemaran.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Sungai Wariori Kabupaten Manokwari (Gambar 1) yang diduga dipengaruhi oleh aktivitas pertambangan emas ilegal, pertambangan pasir galian C, perkebunan sawit rakyat, dan pemanfaatan sumberdaya hutan, dengan pembagian titik sampling berdasarkan sumber pencemar tersebut yang masuk ke Sungai Wariori Kabupaten Manokwari.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air

Penentuan Titik Sampling

Terdapat lima titik pengambilan sampel yang diidentifikasi dalam penelitian ini, dan titik-titik tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Titik pengambilan sampel 1 diambil sebelum wilayah tersebut terkena dampak penambangan emas ilegal, terutama di bagian hulu sungai. Titik 2, yang diambil sebelum memasuki wilayah Perkebunan Rakyat, merupakan wilayah yang telah

terkena dampak aktivitas penambangan emas ilegal. Wilayah yang terkena dampak operasi penambangan dan perkebunan rakyat ditunjukkan pada Titik 3. Titik 4 merupakan wilayah yang terkena dampak desa, perkebunan rakyat, dan penambangan ilegal. Titik 5 merupakan wilayah hilir (dekat muara).

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

Titik	Lokasi	Longitude	Latitude
1	Hulu (sebelum Penambangan Emas)	133° 39' 36,541" E	0° 54' 30,544" S
2	Sebelum Penambangan Pasir dan Batu	133° 39' 39,727" E	0° 51' 56,674" S
3	Perkebunan Rakyat	133° 40' 13,781" E	0° 49' 20,222" S
4	Perkebunan Rakyat dan Permukiman	133° 40' 43,937" E	0° 47' 13,105" S
5	Hilir (Akumulasi dari aktivitas di bagian atas)	133° 41' 39,641" E	0° 44' 38,433" S

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel Air Sungai Wariori dilakukan pada 5 titik pengamatan yang digunakan untuk analisis kualitas air. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada Bulan November 2023 mewakili musim kemarau dan Bulan Mei 2024 mewakili musim hujan. Hal ini dilakukan untuk memberikan gambaran sebenarnya tentang kondisi sungai. Sampel air kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Universitas Papua guna mengetahui konsentrasi parameter yang diteliti. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung atau sesaat (Grab Sampling) yang diambil untuk mewakili musim hujan dan musim kemarau. Diharapkan sampel tersebut dapat memberikan gambaran tentang kondisi umum sungai tersebut.

Metode Analisis Data

Indeks Pencemaran (IP) yang mengacu pada PERMENLHK Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup digunakan dalam metode analisis data penelitian ini untuk

menganalisis status pencemaran Sungai Wariori.

Pada model IP, berbagai parameter kualitas air digunakan. Oleh karena itu, dalam penggunaannya, diperlukan nilai rata-rata dari keseluruhan nilai Ci/Lij sebagai tolok ukur pencemaran. Namun, nilai ini tidak akan bermakna jika salah satu nilai Ci/Lij lebih besar dari 1. Dengan demikian, indeks ini harus mencakup nilai Ci/Lij maksimum dan rata-rata, sehingga perhitungan PI adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

Lij: Konsentrasi Baku Peruntukan Air (j)

Ci: Konsentrasi sampel parameter kualitas air (i)

IPj: Pencemaran bagi peruntukan (j)

IPj: (Ci/Lij, C2/L2j,...)

Dengan:

(Ci/Lij)R : nilai, Ci/Lij rata-rata

(Ci/Lij)M : nilai, Ci/Lij maksimum

Jika L_{ij} menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang tercantum dalam Baku Peruntukan Air (j), dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis sampel air di suatu lokasi pengambilan sampel dari alur sungai, maka P_{ij} adalah Indeks Pencemaran untuk peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} .

Setiap nilai C_i/L_{ij} menunjukkan pencemaran relatif yang disebabkan oleh parameter kualitas air. Nisbah ini tidak memiliki satuan. Nilai $C_i/L_{ij} = 1,0$ adalah nilai kritis, karena nilai ini diharapkan dapat dipenuhi untuk suatu Baku Mutu Peruntukan Air. Jika $C_i/L_{ij} > 1,0$ untuk suatu parameter, maka konsentrasi parameter ini harus dikurangi atau dihilangkan, jika badan air digunakan untuk peruntukan (j). Jika parameter ini merupakan parameter yang signifikan bagi peruntukan, maka pengolahan mutlak harus dilakukan terhadap air tersebut.

Jika $(C_i/L_{ij})_R$ merupakan ordinat dan $(C_i/L_{ij})_M$ merupakan absis, maka IP_j adalah titik potong dari $(C_i/L_{ij})_R$ dan $(C_i/L_{ij})_M$ dalam bidang yang dibatasi oleh kedua sumbu tersebut. Perairan akan semakin tercemar untuk suatu peruntukan (j) jika nilai $(C_i/L_{ij})_R$ dan/atau $(C_i/L_{ij})_M$ lebih besar dari 1,0. Jika nilai maksimum C_i/L_{ij} dan/atau nilai rata-rata C_i/L_{ij} semakin besar, maka tingkat pencemaran suatu badan air juga akan semakin tinggi. Jadi, panjang garis dari titik asal hingga titik IP_j diusulkan sebagai faktor yang bermakna untuk menyatakan status pencemaran.

Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum C_{im} (misal untuk DO, maka C_{im} merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan oleh nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan, yaitu :

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{C_{im} - C_i \text{ (hasil pengukuran)}}{C_{im} - L_{ij}}$$

Jika nilai baku L_{ij} memiliki rentang untuk $C_i \leq L_{ij \text{ rata-rata}}$

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}]}{\{(L_{ij})_{\text{minimum}} - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}\}}$$

Untuk $C_i > L_{ij \text{ rata-rata}}$

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}]}{\{(L_{ij})_{\text{maksimum}} - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}\}}$$

Keraguan timbul jika dua nilai (C_i/L_{ij}) berdekatan dengan nilai acuan 1,0, misal $C_1/L_{1j} = 0,9$ dan $C_2/L_{2j} = 1,1$ atau perbedaan yang sangat besar, misal $C_3/L_{3j} = 5,0$ dan $C_4/L_{4j} = 10,0$. Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan ini adalah:

- Penggunaan nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0.
- Penggunaan nilai (C_i/L_{ij}) baru jika nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran lebih besar dari 1,0.

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = 1,0 + P \cdot \log(C_i/L_{ij})_{\text{hasil pengukuran}}$$

P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5).

Metode ini dapat langsung menghubungkan tingkat pencemaran dengan kelayakan sungai atau sumber air untuk digunakan dalam tujuan tertentu, berdasarkan nilai parameter-parameter tertentu. Hasil perhitungan indeks pencemaran akan menentukan status mutu air (Tabel 1). Status mutu air ditentukan dengan melihat nilai kategori kelas Indeks Pencemaran.

Tabel 1. Status Mutu Air berdasarkan Indeks Pencemaran

Nilai IP	Kategori Kelas
$0 \leq IP \leq 1,0$	Memenuhi Baku Mutu (Baik)
$1,0 < IP \leq 5,0$	Tercemar Ringan
$5,0 < IP \leq 10$	Tercemar
$IP > 10,0$	Tercemar Berat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Kualitas Air

Penelitian telah menunjukkan bahwa terdapat beberapa sumber pencemar di sepanjang sistem Sungai Wariori, selain lokasi pertambangan emas ilegal, terdapat perusahaan perkebunan kelapa sawit dan perkebunan kelapa sawit rakyat,

penambangan galian C (pasir dan batu) dan permukiman. Akibat aktivitas-aktivitas tersebut menyebabkan dinamika kualitas air di Sungai Wariori. Selain aktivitas-aktivitas tersebut, dinamika kualitas juga dipengaruhi oleh musim, yakni musim hujan dan kemarau. Rekapitulasi data kualitas air berdasarkan musim disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air Sungai Wariori (Musim Kemarau)

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	1	2	3	4	5
1	TSS	mg/L	50	1520	1569	1216	1345	1274
2	pH	-	6 - 9	8,06	8,16	8,18	8,17	8,19
3	DO	mg/L	≥4	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
4	BOD5	mg/L	3	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4
5	COD	mg/L	25	6,294	6,294	6,294	6,294	6,294
6	Total Fosfat	mg/L	0,02	0,07	0,08	0,081	0,09	0,09
7	NO3	mg/L	10	0,3	0,44	0,46	0,5	0,47
8	Total Coliform	MPN/100ml	5000	1100	2400	2400	2400	2400

Keterangan: *: Peraturan Pemerintah RI no. 22 Tahun 2021, untuk Air Kelas II

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air Sungai Wariori (Mei 2024)

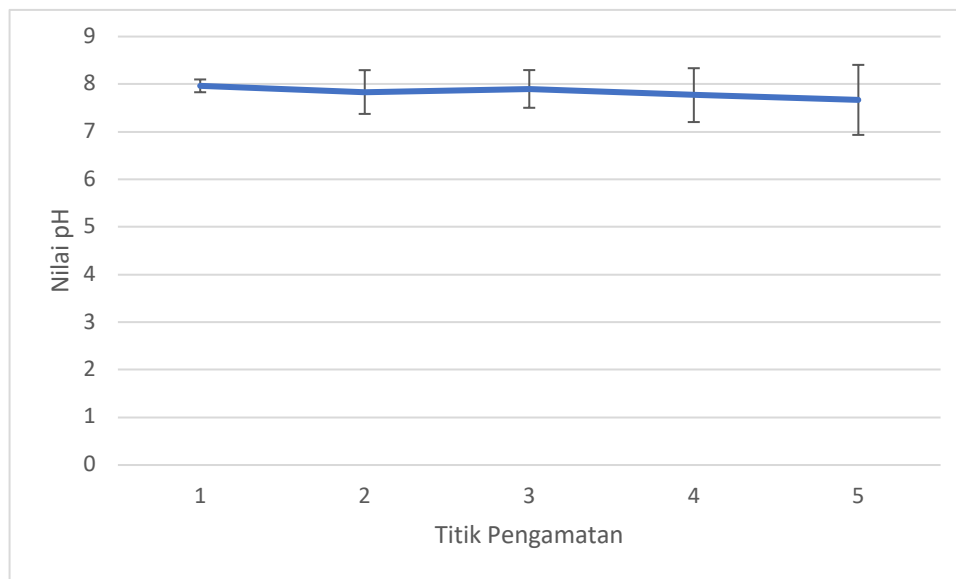
No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	1	2	3	4	5
1	TSS	mg/L	50	3642	3808	5374	4855	4090
2	pH	-	6 - 9	7,87	7,51	7,62	7,37	7,15
3	DO	mg/L	≥4	5,9	5,9	5,8	5,5	5,5
4	BOD5	mg/L	3	1,62	1,62	1,62	1,65	1,65
5	COD	mg/L	25	7,334	7	6,77	7,09	7,366
6	Total Fosfat	mg/L	0,02	0,085	0,084	0,082	0,082	0,081
7	NO3	mg/L	10	0,661	0,662	0,665	0,663	0,663
8	Total Coliform	MPN/100ml	5000	1100	2400	2400	2400	2400

Keterangan: *: Peraturan Pemerintah RI no. 22 Tahun 2021, untuk Air Kelas II

pH (Derajat Keasaman)

Dinamika nilai pH pada pengambilan sampel di bulan November 2023 (mewakili musim kemarau) dan bulan Mei 2024 (mewakili musim penghujan) dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Karakteristik nilai pH

Sungai Wariori cenderung mengarah ke basa, baik dimusim kemarau maupun dimusim hujan. Nilai minimum dimusim kemarau dan hujan adalah 8,06 dan 7,15. Sedangkan nilai maksimum kedua musim tersebut adalah 8,19 dan 7,87 (Rata-rata 7,83).



Gambar 1. Dinamika Nilai pH di Sungai Wariori

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai pH dari titik pengamatan 1 hingga titik pengamatan 5 mengalami tren penurunan, kecuali di titik pengamatan 3 mengalami kenaikan pH sebesar 0,067 poin. Nilai rata-rata kisaran pH adalah 7,67 - 7,96, sehingga jika dibandingkan dengan baku mutu air kelas II menurut PP No 22 Tahun 2021, maka nilai pH Sungai Wariori masih memenuhi nilai ambang batas yang diperbolehkan (nilai baku mutu untuk pH adalah 6 – 9).

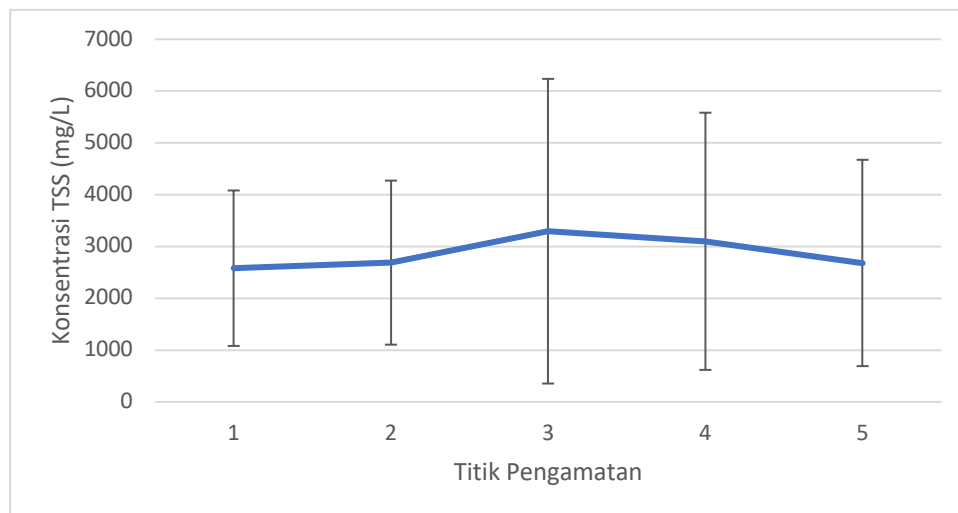
pH merupakan parameter penting atau parameter kunci dalam memantau kestabilan suatu perairan. Nilai pH bervariasi secara alami di dalam sungai sebagai hasil dari fotosintesis. Selain itu juga, dipengaruhi keadaan geologi dan jenis tanah pada daerah tangkapan air juga akan mempengaruhi kondisi pH perairan (Namoi Catchment Management Authority, 2013). Batuan dasar seperti batu kapur berkontribusi pada nilai pH yang lebih tinggi.

pH memiliki efek langsung pada kehidupan di ekosistem (Sari & Wijaya, 2019). Terjadinya peningkatan pH kemungkinan karena adanya aktifitas Perkebunan di sekitar Sungai berupa

kegiatan pemupukan. Sisa pupuk yang mengandung pestisida merupakan salah satu faktor pencemar yang mempengaruhi pH air (Yogafanny, 2015; Prabaningrum & Moekasan, 2016).

Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan bahan organik dan anorganik yang dapat berupa pasir halus ataupun lumpur (Nurrohman et al., 2019). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 2, Total Padatan Tersuspensi di Sungai Wariori pada musim kemarau berkisar 1216 – 1569 mg/L dan pada musim hujan berkisar 3642 – 5374 mg/L. Menurut PP No 22 Tahun 2021 baku mutu TSS kelas II mensyaratkan sebesar 50 mg/L, berarti kandungan TSS di Sungai Wariori sudah melebihi standar baku mutu TSS yang telah ditetapkan. Tabel 1, menunjukkan bahwa kenaikan TSS juga ditentukan oleh musim, dimana pada musim hujan TSS bisa meningkat hingga 300% dibandingkan dengan pada musim kemarau. Hal ini diduga karena pada musim hujan terjadi peningkatan laju aliran permukaan (*run off*) yang akhirnya menyebabkan erosi dan terjadi ekspor sedimen yang lebih banyak dibandingkan pada musim kemarau.

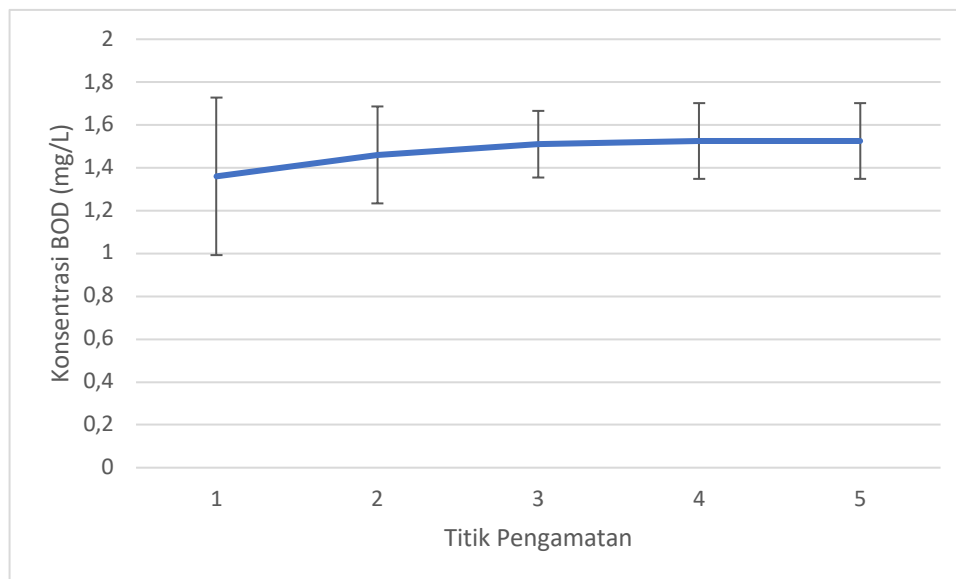


Gambar 2. Dinamika Konsentrasi TSS di Sungai Wariori

Alih fungsi lahan untuk penambangan emas dengan sistem menyemprot tanah dengan air bertekanan tinggi, penggunaan lahan pertanian cenderung, penambangan pasir dan batu berpotensi meningkatkan konsentrasi TSS. Merchán et al. (2019), Pengaruh penggunaan lahan pertanian sangat bervariasi tergantung pada faktor-faktor lokal seperti bentuk DAS ataupun praktik pengolahan lahan. Faktor lain yang menjadi penyebab tingginya nilai TSS di Titik F adalah banyaknya permukiman di sekitar wilayah tersebut. Sejalan dengan hasil penelitian Baharem et al. (2014) yang menyebutkan bahwa tingginya aktivitas masyarakat akan cenderung meningkatkan pencemaran TSS. Aktivitas penambangan pasir dan batu pada sungai (khususnya di antara titik pengamatan 2 dan 3) berpengaruh signifikan terhadap meningkatnya TSS Sungai Wariori. Hal ini terlihat bahwa Gambar 2, pada titik pengamatan 3 mengalami peningkatan TSS secara signifikan. Tingginya TSS akan berkontribusi pada banyaknya partikel tanah yang tersedimentasi. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya endapan pasir dan lumpur disepanjang Sungai Wariori maupun di bendungan Sungai Wariori. Akibatnya sedimentasi ini akan mempengaruhi umur bendungan dimasa yang akan datang.

Biological Oxygen Demand (BOD₅)

BOD adalah ukuran oksigen terlarut yang dikonsumsi oleh mikroorganisme selama oksidasi zat tereduksi di perairan dan limbah (Bhateria & Jain, 2016). BOD menggambarkan proses dekomposisi bahan organik dengan melihat jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik tersebut menjadi karbondioksida dan air (Davis dan Cornwell, 2013). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa ada peningkatan nilai BOD₅ dari Hulu sungai hingga Hilir sungai. Nilai BOD₅ pada musim kemarau berkisar 1,1 – 1,4 mg/L dan musim penghujan berkisar 1,62-1,65 mg/L. Pada musim kemarau peningkatan BOD₅ terjadi pada titik pengamatan 2 dan 3, yakni sebesar 0,1 mg/L. Sedangkan pada musim hujan peningkatan BOD₅ terjadi pada titik pengamatan 4 sebesar 0,03 mg/L. Menurut PP No 22 Tahun 2021 nilai baku mutu untuk BOD₅ adalah 3 mg/L (Kelas II), sehingga nilai BOD₅ pada lokasi penelitian masih memenuhi standar Baku Mutu BOD₅ untuk kelas II. Hal ini dapat diartikan bahwa konsentrasi bahan organik didalam air tergolong sedikit. Ali (2013), makin tinggi konsentrasi BOD maka konsentrasi bahan organik makin tinggi.

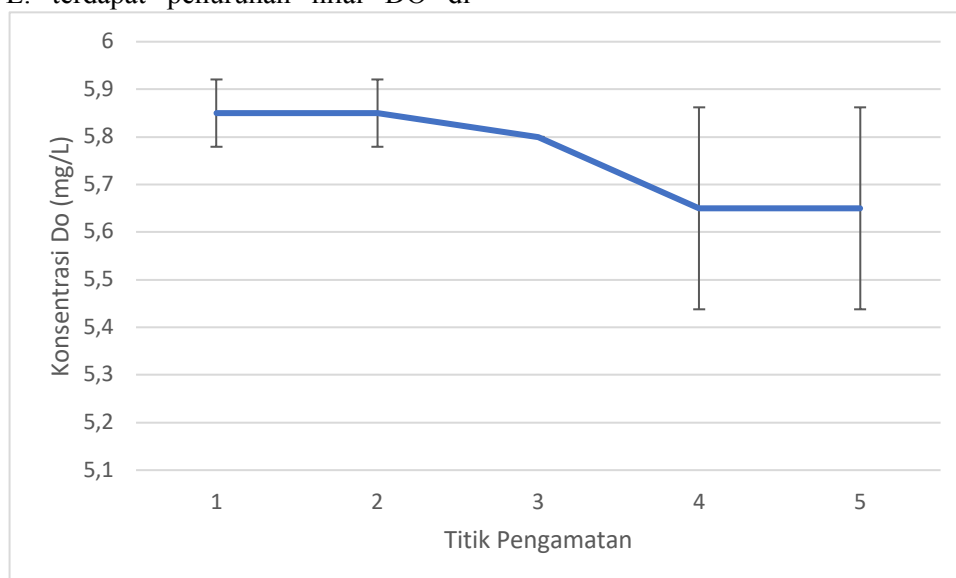


Gambar 3. Dinamika Konsentrasi BOD₅ di Sungai Wariori

Dissolved Oxygen (DO)

DO adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan absorpsi atmosfer/udara. Semakin banyak jumlah DO maka kualitas air semakin baik (Sari & Wijaya, 2019). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai DO pada musim hujan berkisar 5,5 – 5,9 mg/L dan pada musim kemarau sebesar 5,8 mg/L. terdapat penurunan nilai DO di

musim hujan dengan penurunan berkisar 0,1 – 0,3 poin pada titik pengamatan 3 dan 4. Menurut PP No. 22 Tahun 2021 baku mutu DO sebesar 4 mg/L, berarti nilai DO di Sungai Wariori memenuhi baku mutu DO. Nilai DO yang masih memenuhi baku mutu menunjukkan bahwa proses fotosintesis di dasar sungai berlangsung baik sehingga kadar oksigen terlarut dalam air masih relatif tinggi.



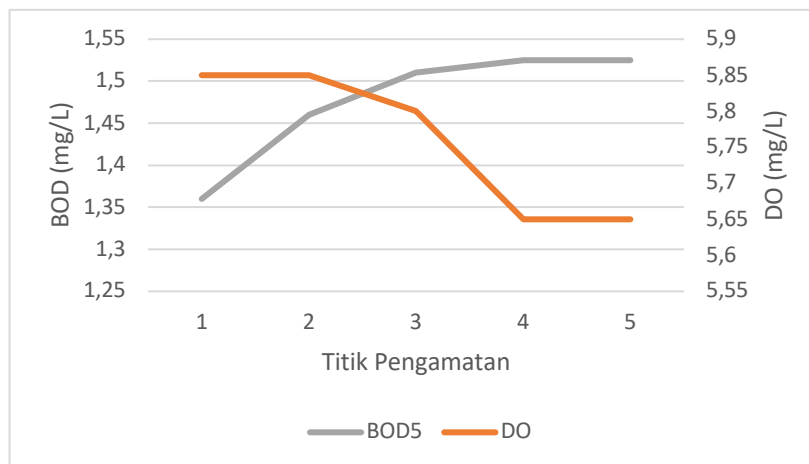
Gambar 4. Dinamika Konsentrasi DO di Sungai Wariori

Dugaan terjadinya penurunan DO di Sungai Wariori, ada hubungannya dengan peningkatan BOD₅ (Gambar 3 dan 5).

Peningkatan BOD₅ pada titik pengamatan 3, 4 dan 5 memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan parameter DO, walaupun

konsentrasi DO masih tetap di atas ambang batas yang diperbolehkan. Menurut Patty dkk., (2015), menurunnya kadar DO akan menyebabkan terganggunya ekosistem perairan dan mengakibatkan semakin berkurangnya populasi biota. BOD menggambarkan proses dekomposisi bahan

organik dengan melihat jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik tersebut menjadi karbondioksida dan air (Davis dan Cornwell, 2013), sehingga peningkatan BOD akan menyebabkan penurunan DO (Gambar 5).

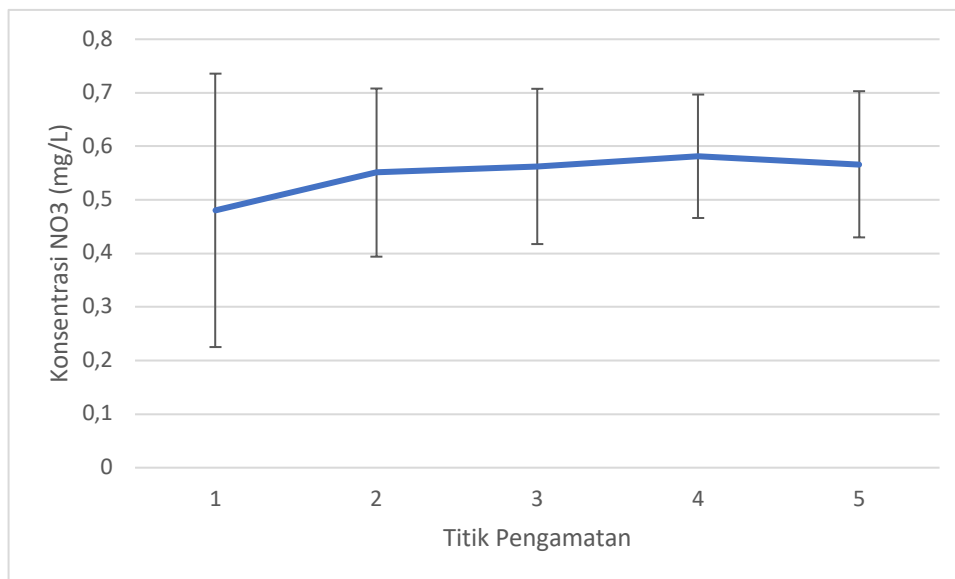


Gambar 5. Hubungan BOD₅ dengan DO

Nitrat (NO₃)

Nitrat merupakan salah satu nutrisi yang dibutuhkan makhluk hidup dalam perairan (Patty et al., 2019). Kandungan nitrat di laut sangat penting dalam menunjang keutuhan ekosistem perairan karena salah satu unsur yang dibutuhkan pada fotosintesis dan pertumbuhan fitoplankton (Guntur et al., 2017). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa musim kemarau nilai Nitrat berkisar 0,3 – 0,47 mg/L dengan tren tiap titik pengamatan terjadi peningkatan nilai Nitrat sebesar 0,02 – 0,12 poin. Namun pada titik pengamatan 5 mengalami penurunan sebesar 0,03 poin. Pada musim hujan nilai nitrat berkisar 0,661 – 0,665 mg/L. Dimana pada titik pengamatan ke empat mengalami penurunan sebesar 0,002 poin. Tren peningkatan konsentrasi nitrat diduga karena adanya limpasan limbah domestik dari permukiman warga.

Ramadhawati et al., (2021), tingginya nilai nitrat dapat dipengaruhi oleh pemukiman yang padat serta limbah pertanian maupun industri. Sari & Wijaya, (2019), pemanfaatan air sungai untuk kebutuhan dan aktifitas rumah tangga yang menghasilkan limbah domestik akan menimbulkan pencemaran. Hal ini mengakibatkan peningkatan nitrat dan bahan organik dalam air. Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 nilai Baku mutu Nitrat sebesar 10 mg/L, berarti kandungan nitrat di Sungai Wariori masih memenuhi standar baku mutu Nitrat kelas II. Kadar nitrat yang banyak akan mempengaruhi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen yang sangat dibutuhkan bagi organisme air namun kelebihan kadar nitrat dalam perairan akan menimbulkan dampak buruk berupa pertumbuhan ganggang yang tidak terbatas (Guntur et al, 2017).

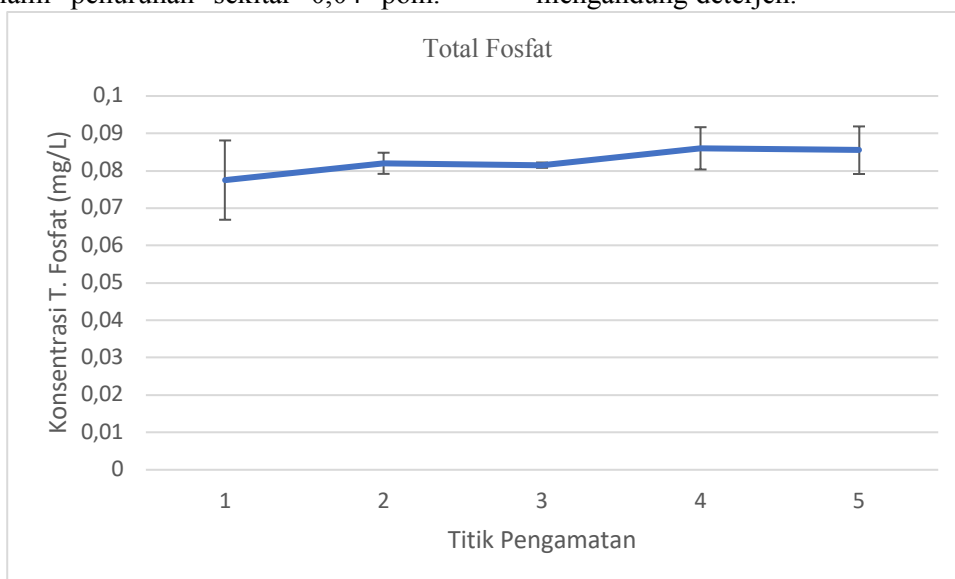


Gambar 6. Dinamika Konsentrasi Nitrat di Sungai Wariori

Total Fosfat

Fosfat adalah komponen limbah, karena unsur ini sangat penting dalam metabolisme, dan selalu ada dalam limbah metabolisme hewan. Fosfat terjadi dalam keadaan teroksidasi penuh (fosfat) dalam air (Yulistia et al., 2018). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada musim kemarau terjadi peningkatan total fosfat dari titik pengamatan 1 hingga 5, sekitar 0,02 poin. Dimana kandungan total fosfat berkisar 0,07 – 0,09 mg/L. Pada musim hujan kandungan total fosfat mengalami penurunan sekitar 0,04 poin.

Dimana kandungan total fosfat berkisar 0,081 – 0,85 mg/L. Menurut PP No 22 Tahun 2021 baku mutu total fosfat sebesar 0,02 mg/L, berarti kandungan total fosfat di Sungai Wariori sudah melebihi standar baku mutu yang digunakan, yakni kelas II. Keberadaan fosfat yang berlebihan dalam air tanah umumnya karena aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk dan pembuangan limbah domestik (Nipu, 2022). Menurut Tungka et. al. (2016), salah satu penyebab tingginya kadar fosfat di perairan bisa berasal dari limbah domestik yang mengandung deterjen.

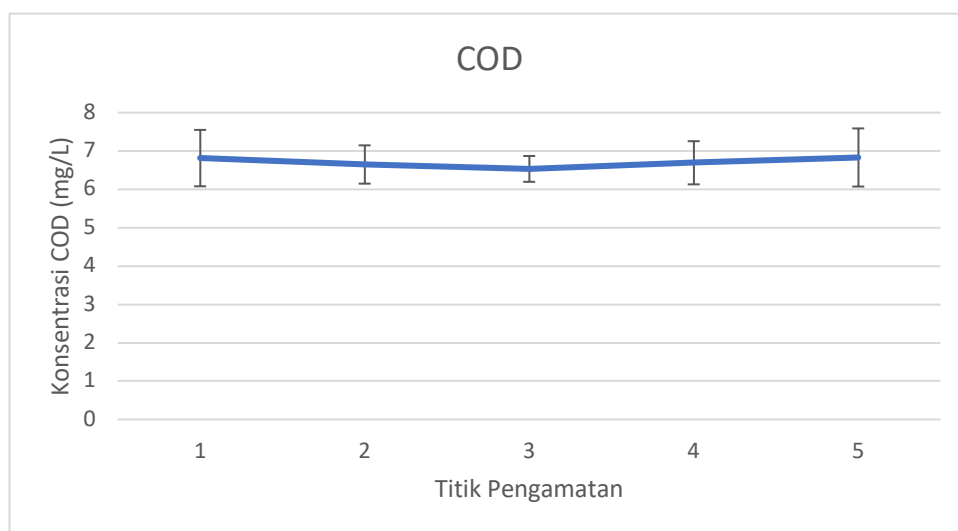


Gambar 7. Kandungan Total Fosfat di Sungai Wariori

Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi (mendegradasi) bahan-bahan organik yang ada didalam air secara kimiawi (Islamawati et al., 2018). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 8 menunjukkan kandungan COD di Sungai Wariori berkisar 6,294 - 7,366 mg/L. Dimana pada bulan November kandungan COD pada semua titik sampel bernilai sama yaitu 6,294 mg/L. Musim hujan kandungan COD pada kelima titik sampel bervariasi, kandungan maksimal sebesar 7,366 mg/L

pada titik pengamatan 5 dan kandungan minimal berada pada titik pengamatan 3 sebesar 6,77 mg/L. Menurut PP No 22 Tahun 2021 baku mutu COD adalah sebesar 25 mg/L, berarti konsentrasi COD di Sungai Wariori masih belum melampaui baku mutu kelas II. Menurut Yulis et al., (2018), tingkat konsentrasi COD yang tinggi merupakan tanda lain bahwa air terkontaminasi. Karena proses oksidasi kimia memiliki jumlah senyawa organik yang lebih besar yang dapat dioksidasi, sehingga nilai COD umumnya lebih tinggi daripada nilai BOD.

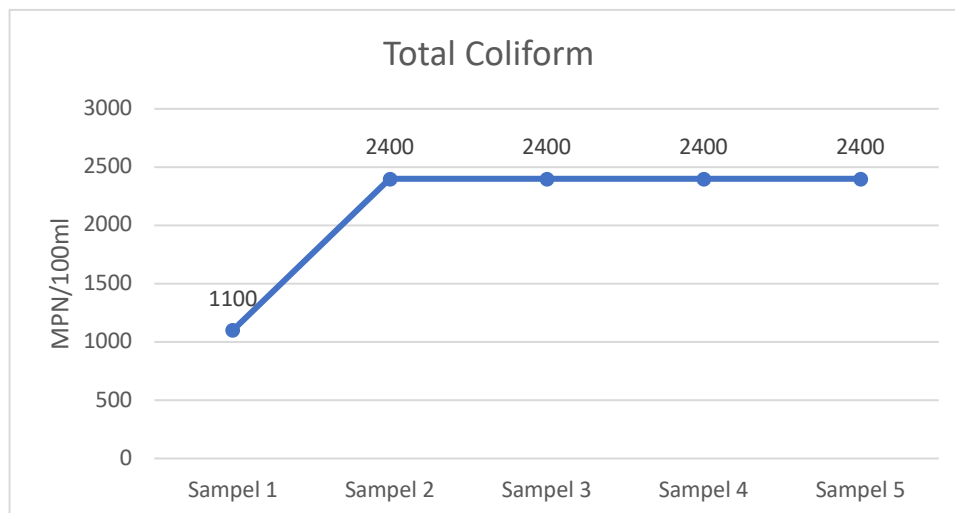


Gambar 8. Kandungan COD di Sungai Wariori

Total Coliform

Bakteri *coliform* adalah organisme indikator untuk keberadaan patogen dalam sampel air (Sari & Wijaya, 2019). Penelitian keberadaan koliform di perairan sungai juga menentukan kelayakan apakah air tersebut layak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, status pencemaran sungai dapat dikategorikan tercemar ringan hingga sedang, sehingga tidak memenuhi baku mutu untuk budidaya perairan (Pratiwi

et al., 2018). Berdasarkan Tabel 2, 3 dan Gambar 9 dapat dilihat bahwa kandungan total coliform pada musim hujan dan kemarau berkisar 1100 - ≤ 2400 MPN/100ml. Menurut PP No 22 Tahun 2021 Baku mutu total coliform sebesar 5000 MPN/100ml, berarti kandungan total coliform di Sungai Wariori masih memenuhi standar baku mutu.



Gambar 9. Kandungan Total Coliform di Sungai Wariori

Merkuri

Pengambilan sampel air untuk uji parameter merkuri dilakukan pada awal bulan Mei 2024. Sampel air kemudian dianalisis pada BPOM Provinsi Papua Barat. Sampel Air untuk pengujian merkuri diambil pada titik 1 dan titik 2 dimana menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 menyebutkan bahwa baku mutu untuk konsentrasi merkuri sebesar 0,002 mg/L sedangkan hasil uji merkuri pada titik 1 sebesar 0,0007 mg/L dan titik 2 sebesar 0,0009 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kadar merkuri pada air sungai masih memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Adanya kandungan merkuri pada sungai Wariori diduga berasal dari metode amalgamasi yang digunakan oleh Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) masyarakat di bagian hulu sungai. Kandungan merkuri mengalami penurunan kadar dari titik 1 ke titik 2. Hal ini sejalan dengan penelitian Kitong et al.(2012) yang menyebutkan bahwa jarak dari lokasi

pertambangan menentukan tingkat konsentrasi merkuri yang terakumulasi dalam sedimen, dimana semakin dekat jarak dari lokasi penambangan maka semakin tinggi pula konsentrasi merkuri dibandingkan dengan lokasi yang berada jauh dari lokasi pertambangan.

Tingkat Pencemaran Air Sungai Wariori

Indeks pencemaran (IP) merupakan salah satu teknik penilaian yang berharga dan unik untuk menggambarkan keseluruhan kondisi kualitas air suatu badan air seperti Sungai Wariori. Mouhamed (2022), penilaian IP merupakan informasi penting untuk masyarakat dan pembuat keputusan khususnya untuk pemilihan teknik pengolahan yang tepat dan untuk mengatasi masalah yang terjadi.

Hasil perhitungan perbandingan data lapangan dengan baku mutu disajikan pada tabel 3 (Musim Kemarau) dan 4 (Musim Hujan).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Ci/Li dan Ci/Li Baru (Musim Kemarau)

Parameter	1		2		3		4		5	
	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru
TSS	30.40	8.41	31.38	8.48	24.32	7.93	26.90	8.15	25.48	8.03
pH	0.37	0.37	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46
DO	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
BOD5	0.37	0.37	0.43	0.43	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
COD	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Total Fosfat	3.50	3.72	4.00	4.01	4.05	4.04	4.50	4.27	4.50	4.27
NO3	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total Coliform	0.22	0.22	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48

Tabel 4. Hasil Perhitungan Ci/Li dan Ci/Li Baru (Musim Hujan)

Parameter	1		2		3		4		5	
	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru	Ci/Li	Ci/Li Baru
TSS	72.84	10.31	76.16	10.41	107.48	11.16	97.10	10.94	81.80	10.56
pH	0.25	0.25	0.01	0.01	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
DO	0.37	0.37	0.37	0.37	0.40	0.40	0.50	0.50	0.37	0.37
BOD5	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55
COD	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29
Total Fosfat	4.25	4.14	4.20	4.12	4.10	4.06	4.10	4.06	4.05	4.04
NO3	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total Coliform	0.22	0.22	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48

Perhitungan status mutu air sungai menggunakan indeks pencemaran disajikan dalam Tabel 5 dan 6. Berdasarkan Hasil perhitungan, indeks Pencemaran titik satu hingga titik lima pada musim kemarau berkisar 5,75 – 6,13. Titik 1 mendapatkan IP sebesar 6,07 dengan nilai (Ci/Li) maksimum sebesar 8,41 dan nilai rata-rata sebesar 1,72. Nilai IP pada titik 2 sebesar 6,13 dengan nilai (Ci/Li) maksimum 8,48 dan nilai rerata

(Ci/Li) sebesar 1,82. Sedangkan titik 3 mengalami penurunan nilai IP dimana nilainya sebesar 5,75. Selanjutnya pada titik 4 terjadi penurunan nilai lagi namun tidak signifikan dengan nilai IP sebesar 5,90. Pada titik 5 terjadi penurunan nilai lagi dari titik 4 dengan nilai IP sebesar 5,82. IP titik 4 merupakan nilai yang terbesar dan titik 1 merupakan nilai IP terendah.

Tabel 5. Status Mutu Air Sungai Wariori (Musim Kemarau)

Titik sampel	Ci/Li Rerata	Ci/Li Max	IP	Mutu Air
1	1,72	8,41	6,07	Tercemar
2	1,82	8,48	6,13	Tercemar
3	1,82	7,93	5,75	Tercemar
4	1,81	8,15	5,90	Tercemar
5	1,80	8,03	5,82	Tercemar

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan bahwa nilai IP pada musim hujan berkisar 7,43 – 8,03. Dimana titik 1 merupakan nilai IP terkecil sebesar 7,43 dan titik 3 merupakan nilai IP terbesar sebesar 8,03. Nilai IP terus menunjukkan peningkatan

nilai pada titik 1 hingga titik 3 namun terjadi penurunan pada titik 4 dan titik 5. Nilai IP pada titik 2 sebesar 7,50 sedangkan nilai IP pada titik 4 sebesar 7,88. Selanjutnya pada titik 5 nilai IP sebesar 7,61.

Tabel 6. Status Mutu Air Sungai Wariori (Musim Hujan)

Titik sampel	Ci/Li Rerata	Ci/Li Max	IP	Mutu Air
1	2,02	10,31	7,43	Tercemar
2	2,03	10,41	7,50	Tercemar
3	2,13	11,16	8,03	Tercemar
4	2,12	10,94	7,88	Tercemar
5	2,06	10,56	7,61	Tercemar

Berdasarkan PERMENLHK Nomor 27 Tahun 2021, Status mutu air musim kemarau dan musim hujan untuk semua titik sampel termasuk pada kategori tercemar dengan kisaran nilai 5,72 – 8,03. Hal ini dikarenakan telah tercampurnya air sungai dengan limbah penambangan emas ilegal, limbah domestik yang berasal dari aktifitas penduduk setempat, pemupukan dan pengerukan pasir dan batu oleh penambangan bahan galian C oleh Perusahaan maupun Masyarakat.

Parameter yang memiliki pengaruh paling besar terhadap pencemaran sungai Wariori adalah parameter TSS dan Total Fosfat sehingga status pencemaran Sungai Wariori masuk dalam status tercemar.

Upaya Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup

Bentuk pengelolaan lingkungan yang dapat ditawarkan untuk mengurangi dampak negatif dari aktivitas manusia terhadap ekosistem Sungai Wariori dapat mencakup beberapa pendekatan yang terintegrasi sebagai berikut:

1. Rehabilitasi Hutan dan Daerah Tangkapan Air (DAS)

Melakukan reforestasi di area hulu Sungai Wariori untuk mengurangi erosi, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan infiltrasi air. Rehabilitasi ini juga bisa dilakukan di sepanjang sempadan sungai untuk memulihkan vegetasi alami

yang berfungsi sebagai penahan aliran air dan sedimentasi.

2. Pengendalian Aktivitas Pertambangan

Mengatur atau menghentikan kegiatan penambangan emas ilegal melalui pengawasan yang lebih ketat, penegakan hukum, dan sosialisasi kepada masyarakat. Bagi pertambangan yang legal, penerapan teknologi tambang yang ramah lingkungan seperti penggunaan metode tailing management yang baik bisa mengurangi dampak pencemaran logam berat.

3. Pengelolaan Limbah Perkebunan Sawit

Menerapkan praktik pertanian berkelanjutan, seperti penggunaan pupuk dan pestisida yang ramah lingkungan, untuk mengurangi pencemaran air oleh bahan kimia. Membuat sistem pengolahan limbah cair dari perkebunan sawit sebelum dibuang ke sungai, seperti kolam pengendapan limbah atau instalasi pengolahan limbah (IPAL).

4. Pengelolaan Erosi dan Sedimentasi

Mengimplementasikan sistem terasering dan vegetasi penahan erosi di lereng yang curam untuk mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah, yang berkontribusi pada sedimentasi di sungai. Hal ini dapat dilakukan terutama di area yang rentan, seperti lahan terbuka atau bekas penambangan.

5. Pengolahan Limbah Domestik

Membangun atau meningkatkan infrastruktur pengelolaan limbah domestik

di pemukiman yang berada di sekitar DAS, termasuk pengelolaan air limbah rumah tangga, sehingga limbah ini tidak langsung dibuang ke sungai tanpa melalui pengolahan.

6. Program Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat

Mengadakan program edukasi bagi masyarakat lokal mengenai pentingnya menjaga kelestarian sungai dan ekosistemnya. Melibatkan masyarakat dalam kegiatan pelestarian, seperti penanaman pohon di sempadan sungai, patroli lingkungan, dan pengawasan aktivitas yang berpotensi mencemari sungai.

7. Pemantauan dan Evaluasi Berkala

Melakukan pemantauan kualitas air secara berkala untuk memastikan bahwa aktivitas pengelolaan lingkungan berdampak positif dan target kualitas air dapat dicapai. Penggunaan teknologi pemantauan otomatis juga dapat dipertimbangkan untuk memantau parameter kualitas air secara real-time.

Dengan pendekatan yang terintegrasi seperti ini, diharapkan pencemaran air di Sungai Wariori dapat dikurangi, sehingga kelestarian ekosistem sungai dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada sungai tersebut dapat terjaga.

KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Wariori di Kabupaten Manokwari telah terpengaruh secara signifikan oleh berbagai aktivitas manusia, terutama penambangan emas ilegal, perkebunan kelapa sawit, dan pemanfaatan sumber daya hutan. Parameter seperti Total Suspended Solids (TSS) dan total fosfat secara konsisten melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Tingginya TSS, terutama di musim hujan, menunjukkan adanya erosi dan sedimentasi yang intensif akibat meningkatnya aliran permukaan.

Sementara parameter lain seperti pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen

demand (COD), nitrat, dan total coliform masih berada di bawah ambang batas, hasil perhitungan menggunakan Indeks Pencemaran (IP) menunjukkan bahwa semua titik pengamatan berada dalam status tercemar. Perbedaan musim juga berpengaruh terhadap dinamika kualitas air, di mana musim hujan memperparah tingkat pencemaran.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan dan perlindungan lingkungan yang lebih ketat untuk meminimalkan dampak buruk dari aktivitas manusia terhadap ekosistem Sungai Wariori. Tindakan konservasi yang tepat sangat diperlukan guna menjaga keberlanjutan kualitas air di daerah aliran sungai tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Soemarno Mangku P. (2013). Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sikam Kota Malang. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2), 265-274.
- Baharem, Suprihatin and Indrasti, N. (2014). 'Management Strategy of Cibanten river Banten Province Based on the Analysis of Total Maximum Daily Loads and Assimilation Capacity', *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 4(1), pp. 60–69.
- BPS Kabupaten Manokwari. (2018). Kabupaten Pegunungan Arfak dalam Angka 2018. BPS Kabupaten Manokwari.
- Bhateria, R., Jain, D. (2016). Water Quality Assessment of Lake Water: a Review. *Sustainable Water Resources Management*. 2, pp. 161-173.
- Davis and Cornwell. (2013). *Introduction to Environmental Engineering* 2nd Edition. McGraw-Hill International Editions. Singapore.
- Guntur, G., Yanuar, A. T., Sari, S. H., & Kurniawan, A. (2017). Analisis kualitas perairan berdasarkan metode indeks pencemaran di Pesisir Timur Kota Surabaya. *Depik*, 6(1), 81-89.

- Islamawati, D., Darundiati, Y. H & Dewanti, N. A. (2018). Studi Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl₃) pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(6): 69-78.
- Kitong, M. T., Abidjulu, J., Koleangan H. S. J. (2012) Analisis Merkuri dan Arsen di Sedimen Sungai Ranoyapo Kecamatan Amurang Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*. 1(1); 16-19.
- Mouhamed Ngounouno Ayiwouo, Fadimatou Ngounouno Yamgouot, Luc Leroy Ngueyep Mambou, Sifeu Takougang Kingni, Ismaila Ngounouno. (2022). Impact of gold mining on the water quality of the lom river, Gankombol, Cameroon, *Heliyon*, 8, pp.1-19. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12452>.
- Merchán, D., Luquin, E., Hernández-garcía, I., Campo-bescós, M. A., Giménez, R., Casali, J., Valle, J. Del., and Lersundi, D. (2019). ‘Dissolved Solids and Suspended Sediment Dynamics from Five Small Agricultural Watersheds in Navarre, Spain : A 10-Year Study’, *Catena*. Elsevier, 173, pp. 114–130. doi: 10.1016/j.catena.2018.10.013.
- Namoi Catchment Management Authority. (2013). Water quality parameters and indicator [internet]. <http://www.waterwatch.nsw.gov.au>.
- Nipu, L. P. (2022). Penentuan Kualitas Air Tanah sebagai Air Minum dengan Metode Indeks Pencemaran. *Magnetic: Research Journal Of Physics and It's Application*, 2(1), 106-111.
- Nurrohman, A. W., Widyastuti, M., & Suprayogi, S. (2019). Evaluasi kualitas air menggunakan indeks pencemaran di DAS Cimanuk, Indonesia. *Echotropic*, 13(1), 74-84.
- Patty, S. I., Rizki, M. P., Rifai, H., Akbar, N. (2019). Kajian Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Perairan Laut Di Teluk Manado Ditinjau Dari Parameter Fisika-Kimia Air Laut. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(2): 1– 13.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Permen LHK Nomor 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup.
- Prabaningrum, L., & Moekasan, T. K. (2016). Pengaruh pH Air Pelarut dan Umur Larutan Semprot terhadap Efikasi Pestisida pada Tanaman Kentang. *Jurnal Hortikultura*, 26(1), 113. <https://doi.org/10.21082/jhort.v26n1.2016.p113-120>.
- Pratiwi, A. D., Widyorini, N. N., & Rahman, A. (2019). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri Coliform Di Sungai Plumbon, Semarang An Analysis of Waters Quality Based on Coliform Bacteria in Plumbon River, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 211-220.
- Ramadhawati, D., Wahyono, H. D., & Santoso, A. D. (2021). Pemantauan kualitas air sungai cisadane secara online dan analisa status mutu menggunakan metode storet. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 76-91.
- Sari, E. K., & Wijaya, O. E. (2019). Penentuan status mutu air dengan metode indeks pencemaran dan strategi pengendalian pencemaran sungai ogan kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 486-491.
- Tungka, A. W., Haeruddin & Churun Ain. (2016). Konsentrasi Nitrat Dan Ortofosfat Di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Dan Kaitannya Dengan Kelimpahan Fitoplankton Harmful Alga Blooms (HABs), *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology (IJFST)*, 12, 1, pp. 40-46.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap

- Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>.
- Yulis, P. A. R., Desti, & Febliza, A. (2018). Analysis of DO, BOD and COD levels of Kuantan river water affected by unlicensed gold mining. *Jurnal Bioterdidik*, 113, 64–75.
- Yulistia, E., Fauziyah, S., & Hermansyah, H. (2018). Assessment of Ogan River Water Quality Kabupaten OKU SUMSEL by NSFQI Method. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*.
<https://doi.org/10.24845/ijfac.v3.i2.54>.