
Analisis Tingkat Pencemaran Limbah Pabrik Kertas Menggunakan Metode BIOTILIK pada Aliran Anak Sungai Brantas

Ceisyawardhani Putri✉ & Sugeng Prijono
Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Sungai Brantas merupakan sumber air utama bagi masyarakat Jawa Timur. Kawasan hilir Sungai Brantas rentan terhadap pencemaran karena akumulasi limbah dari hulu dan semakin parah dengan adanya aktivitas pembuangan limbah cair oleh industri kertas. Pemanfaatan indikator biologi seperti makroinvertebrata sangat diperlukan karena adanya kemampuan yang dimilikinya terhadap tingkat toleransi dan bersifat responsif terhadap perubahan kondisi yang terjadi pada ekosistem sungai. Tujuan penelitian ini yaitu untuk melakukan analisis kualitas air pada aliran anak sungai Brantas berdasarkan metode Biotilik. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling. Adapun analisis data pada penelitian ini dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan mengacu pada kriteria indeks biologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air aliran anak sungai Brantas berdasarkan metode Biotilik pada stasiun SMB yang merupakan kawasan hilir dengan kriteria tercemar berat, memiliki tingkat keanekaragaman rendah dan terdapat dominansi suatu spesies. Kondisi tersebut berbanding terbalik pada stasiun hulu. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa aliran anak Sungai Brantas memiliki tingkat pencemaran lebih tinggi pada kawasan hilir daripada kawasan hulu. Diperlukan pengelolaan limbah yang lebih baik, pemantauan air, rehabilitasi ekosistem, edukasi, dan penegakan hukum untuk mengurangi pencemaran anak sungai Brantas..

Kata kunci: Limbah Kertas, Makroinvertebrata, Biotilik, Pencemaran sungai

Pollution Rate Analysis of Paper Mill Waste Using BIOTILIK Method in the River Flow of the Brantas Sub-watershed Area

ABSTRACT

The Brantas River is the main source of water for the people of East Java. The downstream area of the Brantas River is vulnerable to pollution due to the accumulation of waste from upstream and is getting worse with the activity of liquid waste disposal by the paper industry. The utilization of biological indicators such as macroinvertebrates is needed because of their ability to tolerate and be responsive to changes in conditions that occur in river ecosystems. The purpose of this study was to analyze water quality in Brantas tributary streams based on the Biotilik method. The method used in sampling was purposive sampling. The data analysis in this study was carried out descriptively quantitatively with reference to the biological index criteria. The results showed that the water quality of Brantas tributary streams based on the Biotilik method at SMB station which is a downstream area with heavily polluted criteria, has a low level of diversity and there is a dominance of a species. This condition is inversely proportional to the Upstream station. Therefore, it can be concluded that the Brantas tributary stream has a higher level of pollution in the downstream area than the upstream area. Required better waste management, water monitoring, ecosystem rehabilitation, education and law enforcement are needed to reduce pollution of Brantas tributaries.

Keywords: Paper Waste, Macroinvertebrates, Biotilik, River pollution

PENDAHULUAN

Sungai memainkan peran penting sebagai sumber kehidupan manusia dan makhluk

hidup lainnya di satu ekosistem karena adanya jasa lingkungan yang dihasilkan.

✉ Corresponding author
Address : Malang, Jawa Timur
Email : ceisyawardhani@gmail.com

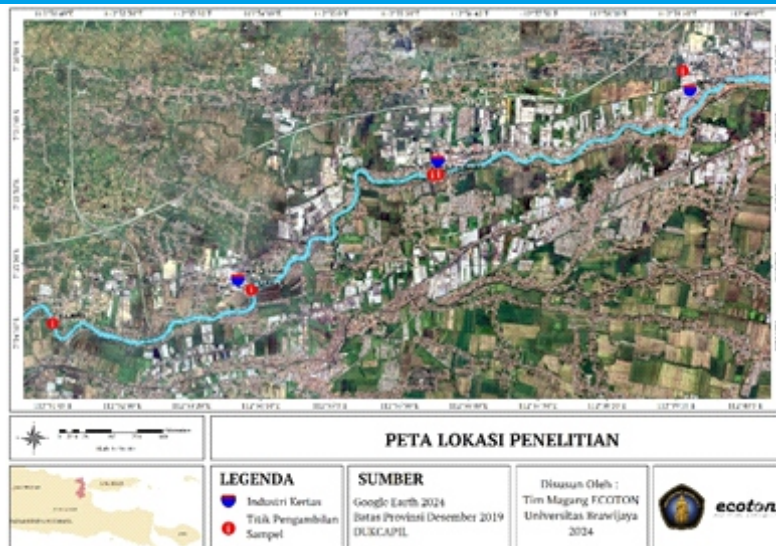
Ketersediaan air sungai dapat menambah nilai sosial-ekonomi bagi masyarakat sekitar. Namun, seiring bertambahnya waktu ketersediaan air bersih dari sungai kian mengalami penurunan. Paradigma saat ini menyatakan bahwa air menjadi sumberdaya terbatas dikarenakan adanya penurunan ketersediaan air bersih dari tahun ke tahun. Seperti disampaikan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mengenai prediksi bahwa sebanyak 321.000.000 penduduk Indonesia akan mengalami kesulitan dalam perolehan air bersih (Mahendradi & Ardiansyah., 2020). Perolehan ketersediaan air bersih yang semakin mengalami penurunan volume yang disebabkan adanya peningkatan kebutuhan manusia. Hal tersebut dapat diketahui melalui sumber pencemaran lingkungan pada badan sungai, meliputi limbah industri, limbah domestik serta pertanian dan sumber pencemar lainnya (Ermawati & Hartanto, 2017).

Sungai Brantas menjadi sumber air utama bagi masyarakat Jawa Timur. Sungai Brantas terpecah menjadi dua aliran anak sungai, yaitu Kali Surabaya dan Kali Porong sebagai kawasan hilir. Daerah yang termasuk kawasan hilir pada kawasan DAS sangat rentan mengalami pencemaran karena adanya akumulasi pencemaran yang berasal dari daerah hulu (Setianto & Fahrtsani, 2019). Selain itu, daerah hilir seringkali diperuntukkan sebagai kawasan industri mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah kawasan sungai yang terdampak pencemaran limbah industri. Limbah yang dihasilkan oleh industri seringkali tidak dilakukan pengolahan dengan tepat dan mencemari lingkungan. Pencemaran tersebut, salah satunya terjadi pada wilayah perairan Kali Surabaya. Selama tahun 2016 hingga 2018, terjadi fenomena ikan mati massal oleh adanya pemeriksaan kualitas air sungai terhadap aktivitas pembuangan limbah yang melebihi batas ambang baku mutu air sungai (Aufar, 2019; & Siswoyo, 2021).

Kondisi kawasan hilir Sungai Brantas yang tercemar dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor utama terjadinya permasalahan tersebut

yaitu adanya bangunan industri yang didirikan di sempadan sungai. Penentuan lokasi tersebut tentunya melalui beberapa pertimbangan, salah satunya lokasi *outlet* pembuangan limbah oleh industri. Lokasi *outlet* pembuangan limbah yang dekat dengan aliran sungai akan memberikan kemudahan bagi industri terkait untuk membuang limbah dengan kondisi tanpa harus diolah terlebih dahulu. Salah satu penyumbang limbah terbesar pada aliran anak Sungai Brantas berasal dari industri kertas. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati & Inarawati (2024) menunjukkan adanya kandungan berbahaya yang berasal dari aktivitas pembuangan limbah cair hasil produksi kertas ke aliran sungai berupa logam berat kromium dan klorin. Kandungan senyawa tersebut dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu dampak yang ditimbulkan berupa adanya penurunan keanekaragaman biota sungai, seperti fitozooplankton, zoobenthos, alga, makroinvertebrata dan berbagai jenis ikan yang hidup di sungai.

Dampak yang ditimbulkan oleh adanya aktivitas industri tersebut dapat mengancam keberlanjutan ekosistem sungai. Guna mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu upaya, salah satunya kegiatan pemantauan terhadap kualitas air sungai. Kegiatan pemantauan kualitas air dilakukan menggunakan beberapa komponen, antara lain fisika, kimia dan biologi (Yusal & Hasyim, 2022). Namun, penggunaan komponen fisika-kimia saja dalam kegiatan ini cenderung tidak dapat mewakili kondisi sungai keseluruhan. Hal tersebut dikarenakan kondisi aliran di sungai bersifat dinamis sehingga penggunaan kedua komponen tersebut hanya memberikan gambaran kualitas air sungai secara sesaat (Trisnaini et al., 2018). Sedangkan, komponen biologi menggunakan tingkat keanekaragaman biota sungai sebagai bioindikator, salah satunya makroinvertebrata. Pemanfaatan indikator biologi di kegiatan pemantauan kualitas air sungai sangat dibutuhkan. Hal ini dikarenakan makroinvertebrata memiliki tingkat toleransi dan bersifat



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 1
Peta Titik Lokasi Pengambilan Sampel

responsif terhadap perubahan kondisi ekosistem sungai (Desmawati et al., 2020).

Makroinvertebrata adalah salah satu organisme dengan ciri morfologi tidak memiliki tulang belakang dan berukuran cukup besar ($> 1 \text{ mm}$) (Lige et al., 2022). Penggunaan makroinvertebrata sebagai bioindikator memiliki kelebihan tersendiri daripada pemantauan kualitas secara kimiawi maupun fisika. Menurut Firdhausi (2019) menjelaskan adanya kelebihan indikator secara biologis menggunakan makroinvertebrata yaitu pemantauan dapat dilakukan secara sederhana dan relatif murah. Kegiatan itu dikenal dengan istilah biomonitoring atau Biotilik. Biotilik merupakan metode untuk melakukan pemantauan terhadap kualitas air sungai menggunakan indikator berupa makroinvertebrata, seperti anak udang, serangga air, kepiting dan cacing. Seperti halnya penelitian yang telah dilakukan oleh Amizera et al. (2015) menjelaskan bahwa nilai rata-rata kualitas air pada Sungai Kundur diperoleh sebesar 1. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka selain penggunaan Biotilik juga penting untuk analisis tingkat keanekaragaman famili yang terdapat di lokasi penelitian. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini yaitu untuk melakukan analisis kualitas air berdasarkan metode BIOTILIK dengan indeks biologi pada aliran anak Sungai

Brantas.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di kawasan perairan pada aliran anak Sungai Brantas yang terletak pada Kabupaten Gresik dan Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Adapun penelitian ini dilakukan pada 6 stasiun penelitian yang terbagi menjadi 4 stasiun penelitian di Kali Surabaya dan 2 stasiun penelitian di Kali Porong. Metode dalam penentuan stasiun penelitian dilakukan secara *purposive sampling*. Penentuan stasiun penelitian di kegiatan pengambilan sampel makroinvertebrata dilakukan dengan mempertimbangkan akses pengambilan sampel. Berdasarkan pertimbangan akses, peta lokasi penelitian seperti pada **Gambar 1** dan titik koordinat lokasi pengambilan sampel tiap stasiun ditampilkan pada **Tabel 1**.

Pengambilan sampel pada tiap stasiun penelitian dimulai dari daerah hilir sesuai arah aliran air sungai. Kondisi pengambilan sampel dilakukan di tepi sungai yang banyak ditumbuhi tanaman air. Setiap stasiun ditentukan sebanyak 3 titik untuk pengambilan sampel dengan teknik pengambilan menggunakan teknik *jabbing*. Teknik tersebut dilakukan pada kondisi perairan yang dalam dengan posisi jaring berlawanan arah arus sungai. Sampel yang telah diperoleh kemudian

Tabel 1
Lokasi Pengambilan Sampel

Nama Stasiun	Titik Koordinat
Hulu	7°24'29.1"S 112°31'39.76"E
ADP	7°23'38.24"S 112°34'2.93"E
DAP	7°22'14.73"S 112°36'16.85"E
SMB	7°20'59.22"S 112°39'14.17"E
MSE	7°30'48.27"S 112°35'49.64"E
MI	7°31'47.65"S 112°37'12.71"E

Sumber: Data Penelitian Diolah, (2024)

diletakkan pada wadah yang datar untuk dilakukan identifikasi makroinvertebrata.

Penelitian ini dilakukan secara deskriptif kuantitatif melalui kegiatan identifikasi makroinvertebrata sebagai bioindikator kualitas air sungai. Data yang digunakan meliputi jumlah individu makroinvertebrata yang diperoleh di tiap stasiun penelitian. Tahap awal yang dilakukan yaitu melakukan reduksi data yaitu dengan hanya memilih jenis makroinvertebrata sesuai dengan lembar BIOTILIK. Jenis makroinvertebrata yang digunakan sebagai sampel kemudian disesuaikan dengan tabel identifikasi yang disediakan, sedangkan jenis makroinvertebrata yang tidak digunakan sebagai sampel dikembalikan ke aliran sungai. Tahap selanjutnya yakni melakukan analisis BIOTILIK dengan

memperhatikan beberapa parameter biologi menggunakan sampel yang telah diperoleh. Parameter yang digunakan, antara lain jenis Famili, keragaman kelompok EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* dan *Trichoptera*), persentase kelimpahan EPT dan indeks BIOTILIK. Parameter tersebut terdapat klasifikasi skor secara kuantitatif seperti disajikan pada Tabel 2. Kemudian, skor dari setiap parameter dilakukan penjumlahan supaya diperoleh nilai rata-rata. Perolehan nilai rata-rata tersebut digunakan sebagai kriteria kualitas air yang dapat dilihat pada Tabel 3. Tahap awal yang dilakukan yaitu melakukan identifikasi sampel berupa makroinvertebrata kemudian dilakukan pengelompokan berdasarkan 2 kategori, yaitu EPT dan non EPT. Adapun perolehan hasil identifikasi tersebut di-

Tabel 2
Parameter Biologi Terhadap Kualitas Air

Parameter	Skor			
	4	3	2	1
Keragaman jenis famili	>13	10 – 13	7 – 9	<7
Keragaman jenis EPT	>7	3 – 7	1 – 2	0
%				
Kelimpahan EPT	>40%	>15 – 40%	>0 – 15%	0%
Indeks BIOTILIK	3,3 – 4,0	2,6 – 3,2	1,8 – 2,5	1,0 – 1,7

Sumber: Data Penelitian Diolah, (2024)

Tabel 3
Kriteria Kualitas Air Berdasarkan Indeks BIOTILIK

Kriteria Kualitas Air	Tidak Tercemar	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang	Tercemar Berat
Skor rata -rata	3,3 – 4,0	2,6 – 3,2	1,8 – 2,5	1,0 – 1,7

Sumber: Data Penelitian Diolah, (2024)

lakukan perhitungan terkait jumlah individu dari tiap famili dan indeks BIOTILIK terhadap masing-masing famili. Menurut Maulufinah & Junaidi (2023), rumus perhitungan yang digunakan pada BIOTILIK yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kelimpahan EPT} = \frac{\text{Jumlah EPT}}{\text{Total Individu}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Indeks BIOTILIK} = \frac{\text{Jumlah } Y}{\text{Jumlah } X} \quad (2)$$

Keterangan: Y= nilai $t_i \times n_i$; X= jumlah individu; t_i = skor BIOTILIK; n_i = jumlah individu tiap famili.

Kegiatan penelitian ini juga dilakukan analisis data tentang indeks keanekaragaman dan indeks dominansi makroinvertebrata yang ada. Indeks keanekaragaman dihitung menggunakan persamaan Shannon-Wiener (H'), sementara indeks dominansi dihitung menggunakan persamaan dominansi Simpson (C). Kedua persamaan tersebut seperti diuraikan sebagai berikut (Sirait et al., 2018).

$$H' = -\sum (n_i/N \ln n_i/N) \quad (3)$$

H' = indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener; n_i = jumlah individu tiap famili; N = total individu secara keseluruhan. Jika nilai $H' > 3$, maka keragaman spesies pada suatu wilayah tinggi, jika nilai $1 \leq H' \leq 3$, maka keragaman spesies pada suatu wilayah sedang, dan jika nilai $H' < 1$, maka keragaman spesies pada suatu wilayah rendah atau sedikit.

$$C = \sum_{i=1}^a (n_i/N)^2 \quad (4)$$

C = indeks dominansi Simpson; n_i = jumlah individu tiap famili; N = jumlah total individu secara keseluruhan. Jika mendekati 0, artinya tidak ada spesies yang mendominasi, jika mendekati 1, maka ada spesies yang mendominasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan kualitas ekosistem perairan menjadi semakin penting mengingat adanya peningkatan aktivitas manusia berpotensi mengakibatkan pencemaran, terutama limbah yang dibuang ke sungai. Dalam konteks ini, anak sungai Brantas, sebagai salah satu sumber air utama, memerlukan perhatian lebih banyak secara menyeluruh guna memastikan

keberlanjutan fungsi ekologisnya. Penelitian ini berfokus pada tiga aspek utama: identifikasi makroinvertebrata yang berperan sebagai indikator biologis, analisis kualitas aliran air menggunakan metode BIOTILIK, serta analisis tingkat keanekaragaman dan dominansi famili makroinvertebrata. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, berikut diuraikan mengenai tiap aspek pembahasan secara komprehensif tentang kondisi ekosistem pada aliran air anak sungai Brantas.

Identifikasi makroinvertebrata dilakukan dengan mengacu pada lembar panduan BIOTILIK. Identifikasi makroinvertebrata dikelompokkan berdasarkan tingkat sensitivitas dari kelompok famili. Berdasarkan hal tersebut, klasifikasi makroinvertebrata sebagai bioindikator kualitas air dikelompokkan menjadi dua kelompok famili, yaitu famili makroinvertebrata yang sensitif, terdiri dari Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), sedangkan kelompok famili makroinvertebrata yang kurang sensitif terhadap pencemaran atau non EPT (Sulastri & Sundari, 2023). Adapun hasil identifikasi jenis dan jumlah makroinvertebrata berdasarkan metode BIOTILIK seperti ditampilkan pada Tabel 4.

Berdasarkan makroinvertebrata yang tergolong EPT dan non EPT diperoleh jenis dan jumlah yang beragam pada tiap stasiun penelitian. Hasil identifikasi berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa pada stasiun Hulu diperoleh jumlah EPT tertinggi daripada stasiun lainnya dengan anggota famili Baetidae-A sebanyak 45 individu. Hal ini menunjukkan bahwa pada kawasan hulu memiliki kondisi lingkungan yang lebih sehat sehingga makroinvertebrata yang ditemukan terdiri dari famili dengan tingkat sensitivitas lebih buruk terhadap pencemaran limbah. Pernyataan tersebut didukung oleh Ratih et al. (2016) bahwa kondisi lingkungan yang ekstrem menyebabkan penurunan kemampuan biota guna beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Kawasan hulu memiliki

Tabel 4
Jenis dan Jumlah Makroinvertebrata

No.	Nama Famili (Skor Toleransi)	Lokasi Stasiun Penelitian						Total
		Hulu	ADP	DAP	SMB	MSE	MI	
Famili EPT								
1.	Baetidae -A (3)	45	0	0	0	0	0	45
2.	Baetidae -B (3)	23	0	0	0	0	0	23
3.	Polycentrop odidae (3)	0	0	0	2	0	0	2
4.	Prosopistomatidae (4)	0	0	4	3	0	0	7
Famili Non EPT								
1.	Ancylidae	0	0	0	17	0	1	18
2.	Athericidae	0	2	0	0	0	0	2
3.	Atyidae	55	114	67	0	0	0	236
4.	Buccinidae	0	14	8	0	0	32	54
5.	Chironomidae -merah	0	26	12	97	87	21	243
6.	Chironomidae -putih	0	2	0	0	0	0	2
7.	Coenagrionidae -A	11	3	12	0	0	0	26
8.	Coenagrionidae -B	8	0	3	0	0	0	11
9.	Corbicullidae	0	0	0	0	0	2	2
10.	Cordulidae -B	0	2	0	0	0	0	2
11.	Corixidae -A	0	0	0	0	37	7	44
12.	Dytiscidae	0	0	0	1	0	0	1
13.	Gomphidae -A	0	1	0	0	0	0	1
14.	Hymenosomathidae -B	33	0	0	0	0	0	33
15.	Libellulidae	0	0	0	0	1	0	1
16.	Lymnaeidae	0	0	0	0	40	40	80
17.	Naucoridae	15	1	0	0	0	0	16
18.	Nepidae	3	0	1	0	0	0	4
19.	Noteridae	0	0	0	0	3	0	3
20.	Parathelphusidae -A	0	1	3	0	0	0	4
21.	Parathe lphusidae -B	0	3	0	0	0	0	3
22.	Physidae	0	0	0	0	3	3	6
23.	Planorbidae	0	0	0	0	5	0	5
24.	Stratiomyidae	0	0	0	0	2	0	2
25.	Thiaridae -B	0	0	0	0	2	0	2
26.	Thiaridae -C	0	0	0	0	0	1	1
27.	Tipulidae	0	0	1	0	0	0	1
28.	Tubificidae	0	0	2	0	0	0	2
29.	Vellidae	0	0	0	1	0	0	1
30.	Viviparidae	0	0	0	5	2	0	7
Total Individu Makroinvertebrata								890

Sumber: Data Penelitian Diolah, (2024)

kondisi perairan yang relatif terjaga dari adanya aktivitas pembuangan limbah ke sungai. Hal tersebut berdampak terhadap keberlanjutan suatu ekosistem sungai. Sementara itu, di 3 stasiun penelitian tidak ditemukan keberadaan EPT sehingga memperoleh nilai terendah, antara lain stasiun ADP, MSE dan MI. Keberadaan EPT yang tidak ditemukan pada ketiga

lokasi tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran pada ekosistem perairan. Kondisi tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu aktivitas pembuangan limbah industri kertas. Penelitian oleh Putri et al. (2023) juga menunjukkan hal serupa bahwa pada aliran pembuangan limbah pabrik kertas di Sungai Brantas sehingga berakibat pada

penurunan populasi biota sungai.

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa jenis famili makroinvertebrata yang tergolong non EPT paling tinggi ditemukan pada stasiun ADP yaitu sebanyak 11 famili. Beberapa famili tersebut, antara lain Athericidae, Atyidae, Buccinidae, Chironomidae-merah, Chironomidae-putih, Coenagrionidae-A, Cordulidae-B, Gomphidae-A, Naucoridae, Parathelphusidae-A, dan Parathelphusidae-B. Tingginya jumlah individu makroinvertebrata dapat memberikan indikasi bahwa kondisi pada lokasi tersebut telah tercemar berat. Selain itu, kondisi demikian juga menunjukkan adanya kemampuan makroinvertebrata untuk beradaptasi pada kawasan tercemar dengan baik. Pernyataan ini juga dinyatakan oleh Rahman (2017) bahwa makroinvertebrata yang mempunyai sifat toleran terhadap pencemaran dapat bertahan hidup pada kondisi sungai tercemar. Sementara itu, jenis famili makroinvertebrata yang tergolong non EPT paling rendah ditemukan pada stasiun Hulu yaitu sebanyak 5 famili. Rendahnya individu pada lokasi tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan belum tercemar dengan tingkat berat. Hal tersebut dikarenakan pada kawasan hulu tidak ditemukan aktivitas pembuangan limbah secara intensif ke wilayah perairan. Hal tersebut sejalan dengan Kurnianti & Rahman (2020) yang menyatakan bahwa aktivitas pembuangan limbah ke sungai dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sungai sehingga mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata.

Klasifikasi makroinvertebrata sebagai bioindikator pencemaran sungai digolongkan menjadi serangga dengan tingkat sensitivitas yang berbeda. EPT merupakan makroinvertebrata dengan anggota famili yang sensitif terhadap sungai tercemar. Sedangkan, kelompok non EPT dengan anggota famili bersifat toleran terhadap tingkat pencemaran sungai. Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kelompok EPT yang ditemukan paling tinggi berada

di stasiun Hulu yaitu Baetidae-A dengan skor toleransi sebesar 3 sebanyak 45 individu. Hal itu menunjukkan bahwa famili Baetidae sebagai bioindikator terbaik yang dapat menggambarkan kondisi kualitas air sungai dengan tingkat pencemaran rendah. Pernyataan tersebut juga didukung oleh Jannah et al., (2024), famili Baetidae dengan skor toleransi itu dapat dijadikan sebagai bioindikator yang menandakan bahwa kondisi ekosistem sungai masih tergolong baik. Sedangkan, kelompok non EPT yang ditemukan paling tinggi yaitu famili Chironomidae-merah dengan skor toleransi sebesar 1 sebanyak 243 individu. Adapun stasiun dengan perolehan Chironomidae-merah paling tinggi yaitu SMB. Tingginya jumlah individu Chironomidae pada suatu ekosistem menunjukkan apabila lokasi tersebut memiliki tingkat pencemaran dengan kategori berat. Pernyataan tersebut juga didukung oleh Anastasia et al., (2022) yang menjelaskan bahwa Chironomidae mampu hidup di habitat tercemar berat karena bersifat toleran terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem oleh adanya kadar hemoglobin yang tinggi dalam tubuhnya.

Analisis kondisi pada ekosistem perairan dapat mempertimbangkan kualitas air sungai sebagai indikator keberlangsungan suatu ekosistem. Kualitas air yang baik mencerminkan suatu ekosistem yang sehat dan berfungsi secara optimal. Hasil analisis kualitas air pada aliran anak sungai Brantas diperoleh berdasarkan stasiun penelitian. Kondisi kualitas aliran air anak sungai Brantas berdasarkan hasil analisis BIOTILIK pada tiap stasiun penelitian seperti ditampilkan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5 diperoleh skor rata-rata bervariasi antar stasiun penelitian. Adapun skor tertinggi yaitu pada stasiun Hulu dengan perolehan sebesar 2,75 yang termasuk kriteria kualitas air tercemar ringan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi perairan pada kawasan hulu memiliki tingkat pencemaran relatif rendah.

Tabel 5
Hasil Analisis Kualitas Air pada Aliran Anak Sungai Brantas

No.	Stasiun	Skor Rat a-Rata BIOTILIK	Kriteria Kualitas Air
1.	Hulu	2,75	Tercemar ringan
2.	ADP	1,75	Tercemar berat
3.	DAP	2,25	Tercemar sedang
4.	SMB	1,5	Tercemar berat
5.	MSE	1,5	Tercemar berat
6.	MI	1,5	Tercemar berat

Sumber: Data Penelitian Diolah, (2024)

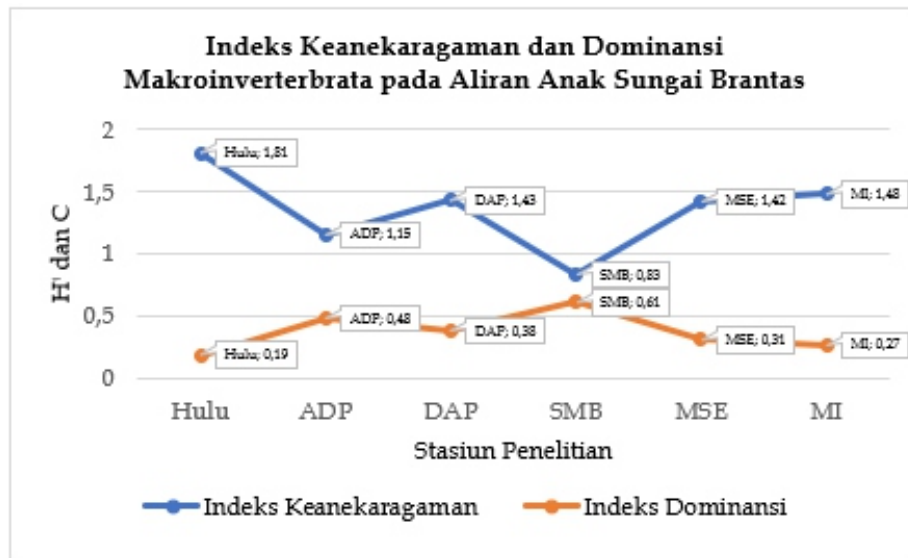
Pernyataan ini juga sesuai berdasarkan lembar panduan BIOTILIK bahwa kualitas air dengan kriteria tercemar ringan memiliki nilai berkisar antara 2,6-3,2. Sementara itu, skor terendah diperoleh pada stasiun SMB, MSE dan MI dengan perolehan skor rata-rata yang bernilai sama yaitu sebesar 1,5 sehingga termasuk kriteria tercemar berat. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kawasan pada ketiga stasiun penelitian memiliki tingkat pencemaran yang relatif tinggi. Hal ini juga sesuai berdasar lembar panduan BIOTILIK dengan kriteria kualitas air yang termasuk tercemar berat berkisar antara 1,0-1,7.

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan berbanding terbalik antara tingkat pencemaran dengan skor BIOTILIK. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat diketahui apabila suatu aliran sungai dengan adanya tingkat pencemaran yang tinggi memiliki skor rata-rata BIOTILIK yang semakin rendah. Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Anastasia et al., (2022) yang menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat pencemaran limbah ke sungai, maka penilaian kualitas air menggunakan makroinvertebrata dengan metode BIOTILIK memiliki nilai semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh penurunan kemampuan makroinvertebrata sebagai indikator kualitas air terhadap akumulasi polutan di aliran sungai. Pernyataan tersebut sejalan dengan Hellen et al., (2020) bahwa kemampuan makroinvertebrata sebagai bioindikator kualitas air secara responsif dapat berkurang karena adanya perubahan kondisi lingkungan aspek

kimia dan fisika pada ekosistem sungai.

Analisis tingkat keanekaragaman dan dominansi makroinvertebrata di lokasi menunjukkan adanya pola persebaran yang dapat digunakan sebagai indikator keberlanjutan ekosistem. Indeks keanekaragaman merupakan nilai untuk mengetahui keanekaragaman suatu spesies sebagai ukuran kondisi ekosistem (Erika et al., 2018). Sementara itu, indeks dominansi digunakan untuk mengetahui ada tidaknya jenis organisme tertentu yang mendominasi suatu komunitas dalam satu ekosistem (Hasan et al., 2022). Berdasarkan hasil perhitungan, indeks keanekaragaman (H') dan dominansi (C) makroinvertebrata di setiap stasiun pengamatan telah disajikan dalam Tabel 6.

Indeks keanekaragaman (H') berdasarkan Tabel 6 diperoleh nilai tertinggi sebesar 1,81 di stasiun Hulu. Indeks tersebut menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman pada kawasan hulu termasuk sedang. Sementara itu, indeks keanekaragaman terendah sebesar 0,83 di stasiun SMB sehingga tingkat keanekaragamannya tergolong rendah. Hal ini juga dinyatakan oleh Baderan et al. (2021), apabila indeks keanekaragaman diperoleh $H' > 3$ maka artinya tingkat keanekaragaman suatu kelompok termasuk tinggi, apabila diperoleh $1 \leq H' \leq 3$ menunjukkan tingkat keanekaragaman suatu kelompok termasuk sedang dan indeks keanekaragaman dengan perolehan $H' < 1$ maka artinya tingkat keanekaragamannya rendah. Indeks keanekaragaman yang diperoleh dapat memberikan suatu penilaian terhadap keberlanjutan ekosistem.



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 2
Indeks Keanekaragaman dan Dominansi Makroinvertebrata

Hasil analisis indeks dominansi (C) berdasarkan Tabel 6 diketahui terdapat nilai yang beragam. Adapun stasiun penelitian dengan indeks dominansi paling tinggi yaitu SMB sebesar 0,61. Sementara itu, indeks dominansi terendah terdapat pada stasiun Hulu yaitu sebesar 0,19. Dengan demikian, analisis dominansi pada stasiun SMB terdapat famili yang mendominasi, sedangkan pada stasiun hulu tidak ada famili yang mendominasi. Pernyataan demikian juga disampaikan oleh Ridwan et al. (2016) bahwa klasifikasi indeks dominansi dikategorikan secara kuantitatif yaitu apabila semakin mendekati 1 maka terdapat suatu famili yang mendominasi, sebaliknya apabila semakin mendekati 0 maka tidak terdapat famili yang mendominasi. Berdasarkan perhitungan kedua data tersebut maka dapat diketahui bahwa indeks C memiliki hubungan berbanding terbalik dengan indeks H'. Hal demikian sejalan dengan pernyataan Merly et al. (2022), semakin tinggi tingkat keanekaragaman, maka akan berbanding terbalik dengan nilai dominansinya.

Berdasarkan perolehan indeks keanekaragaman pada aliran anak sungai Brantas menunjukkan bahwa terdapat tingkat keanekaragaman yang berbeda pada kawasan hulu dan hilir sungai.

Indeks keanekaragaman di kawasan hulu lebih tinggi daripada kawasan hilir. Hal ini menunjukkan bahwa semakin menuju hilir pada aliran sungai maka kualitas perairan pada suatu wilayah semakin menurun. Pernyataan tersebut didukung oleh Sirait et al. (2018), semakin ke hilir indeks keanekaragaman semakin rendah yang menggambarkan bahwa kondisi ekosistem sungai juga memiliki kualitas perairan yang rendah. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya frekuensi limbah yang dihasilkan baik oleh aktivitas rumah tangga maupun domestik. Kawasan hulu memiliki tipe penggunaan lahan berupa kawasan suaka ikan. Dalam hal ini, dapat diartikan bahwa kawasan hulu berfungsi sebagai kawasan konservasi sekaligus perlindungan pada ekosistem perairan. Sementara itu, semakin menuju hilir ditemukan adanya limbah yang berasal dari *outlet* industri daur ulang kertas yang tidak diolah dengan tepat dan langsung dialirkan menuju sungai. Limbah yang dialirkan ke sungai memiliki kandungan berbahaya sehingga dapat mengancam kelestarian makroinvertebrata. Hal ini juga dinyatakan oleh Purwanto et al. (2018) bahwa adanya perubahan kualitas perairan oleh akumulasi bahan pencemar dapat mempengaruhi keseimbangan ekologis perairan dan ancaman bagi

organisme di sekitarnya.

Berdasarkan hasil analisis tingkat dominansi diketahui bahwa terdapat dominansi pada stasiun SMB. Hal tersebut dibuktikan dengan tingginya jumlah individu dari famili Chironomidae-merah daripada famili lainnya yaitu sebanyak 97 individu. Chironomidae-merah memiliki tingkat toleran terhadap polutan dengan baik sehingga berpotensi ditemukan pada kondisi perairan tercemar berat. Hal tersebut juga dijelaskan oleh Ibrahim et al. (2021) bahwa Chironomidae merupakan salah satu taksa makroinvertebrata yang memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan lingkungan sehingga habitatnya berada pada lingkungan tercemar ringan hingga berat. Meskipun berdasarkan indeks dominansi, stasiun ini terdapat dominansi oleh suatu organisme namun indeks keanekaragamannya termasuk rendah. Hal ini seperti yang disampaikan dalam penelitian Palendeng et al. (2021) yang menyatakan bahwa nilai keanekaragaman (H') dengan kategori sedang pada suatu ekosistem memiliki hubungan berbanding terbalik dengan tingkat dominansi suatu kelompok organisme dalam satu ekosistem yang sama.

SIMPULAN

Kondisi ekosistem perairan pada aliran anak Sungai Brantas telah mengalami pencemaran yang disebabkan oleh adanya aktivitas pembuangan limbah yang berasal dari industri daur ulang kertas. Tingkat pencemaran tersebut berdasarkan hasil identifikasi makroinvertebrata diperoleh bahwa stasiun penelitian yang berada pada daerah hilir, yaitu ADP, MSE dan MI tidak ditemukan keberadaan EPT. Adapun hasil analisis BIOTILIK diketahui bahwa sebagian besar stasiun penelitian termasuk kriteria kualitas air tercemar berat. Selain itu, tingkat keanekaragaman makroinvertebrata terendah diperoleh pada stasiun SMB, namun memiliki indeks dominansi yang paling tinggi daripada stasiun lainnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa arah aliran air sungai yang semakin menuju hilir memiliki kualitas air yang

lebih rendah daripada kawasan hulu. Diperlukan peningkatan pengelolaan limbah industri, pemantauan kualitas air berkala, rehabilitasi ekosistem perairan, edukasi masyarakat dan industri, serta penegakan hukum yang lebih ketat guna mengurangi pencemaran oleh industri dan domestik, dan memulihkan kualitas ekosistem anak Sungai Brantas.

DAFTAR PUSTAKA

- Amizera, S., Ridho, M. R., & Saleh, E. (2015). Kualitas Perairan Sungai K u n d u r B e r d a s a r k a n M a k r o z o o b e n t o s M e l a l u i Pendekatan Biotic Index Dan Biotilik. *Maspari Journal*, 7(2), 51–56. <http://repository.unsri.ac.id/78914/>
- Anastasia, S., Munfarida, I., & Suprayogi, D. (2022). Penilaian Kualitas Air M e n g g u n a k a n I n d e k s Makroinvertebrata FBI dan Biotilik di Sungai Buntung Sidoarjo. *Serambi Engineering*, 7(3), 3617–3623. <https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/view/4541>
- Aufar, D. V. G. (2019). Analisis Kualitas Air Sungai Pada Aliran Sungai Kali Surabaya. *Swara Bhumi*, 5(8), 1–6. <https://core.ac.uk/download/pdf/287305710.pdf>
- Baderan, D. W. K., Rahim, S., Angio, M., & Salim, A. I. Bin. (2021). Keanekaragaman, Kemerataan, dan Kekayaan Spesies Tumbuhan dari Geosite Potensial Benteng Otanaha Sebagai Rintisan Pengembangan Geopark Provinsi Gorontalo. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 14(2), 264–274. <https://core.ac.uk/download/pdf/589924676.pdf>
- Desmawati, I., Adany, A., & Java, C. A. (2020). Studi Awal Makrozoobentos di Kawasan Wisata Sungai Kalimas, Monumen Kapal Selam Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.49929>
- Erika, R., Kurniawan, K., & Umroh, U. (2018). Keanekaragaman Ikan Di Perairan Sungai Linggang,

- Kabupaten Belitung Timur. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 12(2), 17–25. <https://doi.org/10.33019/akuatik.v12i2.697>
- Ermawati, R., & Hartanto, L. (2017). Pemetaan Sumber Pencemar Sungai Lemat Kabupaten Magelang. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 92–104. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art3>
- Firdhausi, N. F. (2019). Pengenalan Makroinvertebrata Bentik sebagai Bioindikator Pencemaran Perairan Sungai pada Siswa di Wonosalam, Mojokerto, Jawa Timur. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(3), 210–215. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.5.3.210-215>
- Hellen, A., Kisworo, & Rahardjo, D. (2020). Komunitas Makroinvertebrata Bentik sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Code. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19*, 6(1), 294–303. <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/article/view/15847>
- Ibrahim, A., Sudarso, J., Imroatusshoolikhah, I., Toruan, R. L., & Sari, L. (2021). Penggunaan Makrozoobentos Dalam Penilaian Kualitas Perairan Sungai Inlet Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 649–660. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.649-660>
- Janah, N. K. F., Rauf, A., & Bustamin, B. (2024). Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air di Sungai Paneki Desa Pombewe Kabupaten Sigi. *Bioscientist: Jurnal Imiah Biologi*, 12(1), 856–864. <https://ejournal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist/article/view/11002>
- Kurnianti, L. Y. (2020). Analisis Beban Dan Status Pencemaran Bod Dan Cod Di Kali Asin, Semarang. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 379–388. <https://doi.org/10.21776/ujfmr.2020.004.03.10>
- Lige, F. N., Anggo, S., Karim, W. A., & Samak, N. (2022). Keanekaragaman Serangga Permukaan Air di Sungai Batu Gong Desa Tataba Kecamatan Buko Kabupaten Banggai Kepulauan. *Jurnal Biologi Babasal*, 1(2), 51–58. <https://doi.org/10.32529/jbb.v1i2.2145>
- Mahendradi, & Ardiyansyah. (2020). Fenomena Kondisi Sanitasi Sarana Air Bersih di Rusunawa Tanggulrejo Kecamatan Tempuran Kabupaten Magelang. *JDK (Jurnal Desentralisasi Dan Kebijakan Publik)*, 1(2), 78–84. <https://doi.org/10.30656/jdkp.v1i2.2335>
- Maulufinah, D., & Junaidi, A. S. (2023). Dampak Limbah Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Kanal Mangetan Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, 3(3), 857–870. <https://doi.org/10.58954/epj.v3i3.163>
- Merly, S. L., Sianturi, R., & Nini, A. L. (2022). Study of Correlation and Diversity of Gastropods at Mangrove Ecosystem in Payum Beach, Merauke. *Jurnal Moluska Indonesia*, 6(1), 12–20. <https://doi.org/10.54115/jmi.v6i1.56>
- Palendeng, F., Kusen, J. D., & Manembu, I. S. (2021). Struktur Komunitas Ikan Family Chaetodontidae Sebagai Indikator Kondisi Kesehatan Lingkungan Ekosistem Terumbu Karang Di Zona Tradisional Pulau Bunaken Taman Nasional Bunaken. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 9(3), 148. <https://doi.org/10.35800/jplt.9.3.2021.38171>
- Purwanto, P., Hardhaka, T., Zaman, M., Irdianty, T., Siti, L., & Luthfika, M. (2018). Biotilik metode pengukuran kualitas air dan bahan ajar pendidikan lingkungan bagi masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional VI Hayati*, 6(1), 420–425.
- Putri, A. S. T. F., Aprilianti, R., & Chandra, A. B. (2023). Identifikasi Plankton pada Limbah Industri Kertas di Hilir Sungai Brantas. *Environmental Pollution Journal*, 3(1), 628–637. <https://doi.org/10.58954/epj.v4i1.1>

- 23.
- Rahman, A. (2017). Penggunaan Indeks BMWP-ASPT dan Parameter Fisika-Kimia untuk Menentukan Status Kualitas Sungai Besar Kota Banjarbaru. *Biodidaktika*, 12(1), 7-16. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/biodidaktika/article/view/1830>
- Rahmawati, A., & Iranawati, F. (2024). Perbandingan Kandungan Kromium dan Klorin pada Outlet Limbah Pabrik Kertas di Aliran Sungai Brantas, Gresik. *Environmental Pollution Journal*, 4(2), 1004-1012. <https://www.ecotonjournal.id/index.php/epj/article/view/191>
- Ratih, I., Prihanta, W., & Susetyarini, R. E. (2016). Inventarisasi Keanekaragaman Makrozoobentos Di Daerah Aliran Sungai Brantas Kecamatan Ngoro Mojokerto Sebagai Sumber Belajar Biologi Sma Kelas X. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 1(2), 158-168. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v1i2.3327>
- Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., & Pangestu, D. A. (2016). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Empat Muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kauniah: Jurnal Biologi*, 9(1), 57-65. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v9i1.3256>
- Setianto, H., & Fahritsani, H. (2019). Faktor Determinan Yang Berpengaruh Terhadap Pencemaran Sungai Musi Kota Palembang. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 186. <https://doi.org/10.23887/mkg.v20i2.21151>
- Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattullo, P. (2018). Komparasi Indeks Keanekaragaman dan Indeks Dominansi Fitoplankton di Sungai Ciliwung Jakarta. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 75. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.3338>
- Sundari, S. S., & Sundari, S. (2023). Bioassessment Sistem Scoring Dengan Kelimpahan Makroinvertebrata Dan Rasio Famili Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (Ept) Dan Pada Sungai Legundi Di Probolinggo. *COMSERVA : Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 3(06), 2114-2123. <https://doi.org/10.59141/comserva.v3i06.1016>
- Tabalessy, R., Tulende, S., & Siwabessy, A. (2022). Struktur komunitas bivalvia pada ekosistem mangrove di Kelurahan Kladufu Distrik Sorong Timur. *Integrated of Fisheries Science*, 1(1), 36-44. <https://doi.org/10.56942/ifs.v1i1.53>
- Trisnaini, I., Sari, T. N. K., & Utama, F. (2018). Identifikasi Habitat Fisik Sungai dan Keberagaman Biotilik Sebagai Indikator Pencemaran Air Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(1), 1. <https://doi.org/10.14710/jkli.17.1.1-8>
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45-57. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-5>