

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI BRANTAS
DI DESA JATIGEDONG, PLOSO-JOMBANG**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains (S.Si) pada program studi Biologi



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh:

**ASRI INDAH NUR 'AINI
NIM: H71219019**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Asri Indah Nur 'Aini.....
NIM : H71219019.....
Program Studi : Biologi.....
Angkatan : 2019.....

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI BRANTAS DI DESA JATIGEDONG, PLOSO-JOMBANG". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 5 Juli 2023

Yang menyatakan,


Asri Indah Nur Aini
NIM H.7.2.19019

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI BRANTAS
DI DESA JATIGEDONG, PLOSO-JOMBANG**

Diajukan Oleh:
ASRI INDAH NUR 'AINI
NIM: H71219019

Telah diperiksa dan disetujui
di Surabaya, 21 Juni 2023

Dosen Pembimbing Utama



Nirmala Fitria Firdhausi, M. Si
NIP 198506252011012010

Dosen Pembimbing Pendamping



Saiful Bahri, M. Si
NIP 198804202018011002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Asri Indah Nur 'Aini telah dipertahankan di
depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 05 Juli 2023

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si
NIP 198506252011012010

Penguji II



Saiful Bahri, M. Si
NIP 198804202018011002

Penguji III



Dr. Moch. Irfan Hadi, S.KM., M.KL
NIP 198604242014031003


Penguji IV



Hanik Faizah, S.Si., M. Si
NIP 201409019

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




Dr. Saepul Hamdani, M.Pd
NIP 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpustakaan@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ASRI INDAH NUR 'AINI
NIM : H71219019
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOI/BIOLOGI
E-mail address : asriaini541@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

SETRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI BRANTAS DI DESA JATIGEDONG, PLOSO-JOMBANG

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 09 Agustus 2023

Penulis

(ASRI INDAH NUR 'AINI)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRACT
STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI BRANTAS
DI DESA JATIGEDONG, PLOSO-JOMBANG

Kualitas air sungai yang ada di wilayah Indonesia pada saat ini semakin menurun salah satunya sungai Brantas, sehingga perlu dilakukan pemantauan kualitas air dengan menggunakan parameter fisika-kimia dan biologi. Pemantauan kualitas air dapat dilakukan secara biologi dengan menggunakan makrozoobentos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air sungai brantas di desa Jatigedong-Ploso-Jombang. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif eksploratif dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan di 6 stasiun dengan 3 kali pengulangan. Hasil identifikasi makrozoobentos diperoleh 1.393 individu dari 6 famili. Famili dari kelompok Ephemeroptera, Plecoptera dan Tricoptera (EPT) yaitu genus *Heptagenia* dari famili Heptageniidae. Kelompok Non-EPT yaitu spesies *Macrobrachium rosenbergii* dan *Matapenaeus ensis* dari famili Palaemonidae, *Contradens contradens* dari famili Unnionidae dan *Filopaludina javanica* dari famili Viviparidae, *Melanoides granifera* dari famili Thiaridae, dan *Anentome Helena* dari famili Bucciniidae. Nilai indeks keanekaragaman (H') pada semua stasiun menunjukkan keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman tertinggi 2,29 stasiun 3 kiri dan terendah 1,93 stasiun 3 kanan. Nilai Indeks Keseragaman (E) menunjukkan indeks keseragaman tinggi. Nilai indeks keseragaman tertinggi pada stasiun 3 kiri 0,85 dan terendah stasiun 3 kanan yaitu 0,70. Nilai Indeks Dominansi (C) tertinggi 0,16 stasiun 3 kanan dan terendah 0,13 pada stasiun 1 dan 2 kiri serta stasiun 1 kanan. Nilai indeks dominansi yang diperoleh menunjukkan dominansi rendah. Kondisi kualitas air berdasarkan nilai *family biotik indeks* (FBI) diketahui nilai tertinggi 4,47 stasiun 3 kanan dan nilai terendah 3,76 stasiun 2 kiri. Nilai FBI semua stasiun menunjukkan kualitas air sangat baik atau terpolusi sedikit bahan pencemar.

Kata kunci: Makrozoobentos, Sungai Brantas, *Family Biotic Index* (FBI)

ABSTRACT
**MACROZOOBENTHOS COMMUNITY STRUCTURE AS A
BIOINDICATOR OF BRANTAS RIVER WATER QUALITY
IN JATIGEDONG, PLOSO-JOMBANG**

The quality of river water in Indonesia is currently decreasing, one of which is the Brantas river, so it is necessary to monitor water quality using physico-chemical and biological parameters. Monitoring of water quality can be done biologically by using macrozoobenthos. This study aims to determine the macrozoobenthos community structure as a bioindicator of the quality of Brantas river water in Jatigedong-Ploso-Jombang village. This research is a type of descriptive exploratory research using purposive sampling method. Sampling was carried out at 6 stations with 3 repetitions. The results of identification of macrozoobenthos obtained 1,393 individuals from 6 families. The family of the Ephemeroptera, Plecoptera and Tricoptera (EPT) group is the genus *Heptagenia* of the Heptageniidae family. The non-EPT group includes the species *Macrobrachium rosenbergii* and *Matapenaeus ensis* from the Palaemonidae family, *Conradens conradens* from the Unnionidae family and *Filopaludina javanica* from the Viviparidae family, *Melanoides granifera* from the Thiaridae family, and *Anentome Helena* from the Bucciniidae family. Diversity index values (H') at all stations indicate moderate diversity. The highest diversity index value was 2.29 station 3 on the left and the lowest was 1.93 station 3 on the right. The Uniformity Index value (E) shows a high uniformity index. The highest uniformity index value at station 3 on the left is 0.85 and the lowest at station 3 on the right is 0.70. The highest Dominance Index (C) value is 0.16 at station 3 on the right and the lowest is 0.13 at stations 1 and 2 on the left and station 1 on the right. The dominance index value obtained shows low dominance. Based on the family biotic index (FBI) water quality conditions, it is known that the highest value is 4.47 station 3 on the right and the lowest value is 3.76 station 2 on the left. The FBI value of all stations indicates very good water quality or slightly polluted by contaminants.

Key word: *Macrozoobenthos, Brantas river, Index Biotic Family (FBI)*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
PEDOMAN TRANSLITERASI	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRACT.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Peneltian	8
1.5 Batasan Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2. 1 Ekosistem Sungai.....	9
2. 2 Kualitas Air Sungai.....	11
2. 3 Bioindikator	14
2. 4 Makrozoobentos.....	21
2. 4.1 Klasifikasi Makrozoobentos.....	25
2.4.2 Ciri-Ciri Makrozoobentos	26
2.4.3 Peranan Makrozoobentos sebagai Bioindikator	31
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Rancangan Penelitian.....	34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Agenda Pelaksanaan Penelitian	34
Tabel 3. 2 Titik Koordinat Lokasi Penelitian.....	35
Tabel 3. 3 Pengolahan Data	39
Tabel 3. 4 Kriteria Kualitas Air Berdasarkan <i>Family Biotic Indeks</i> (FBI)	43
Tabel 4. 1 Hasil Identifikasi Makrozoobentos.....	43
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Faktor Fisika-Kimia.....	65
Tabel 4. 3 Baku Mutu Air Sungai.....	71
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Famili Biotik Indeks (FBI).....	78



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Famili Heptageniidae	28
Gambar 2. 2 Famili Hydropsychidae	28
Gambar 2. 3 Famili Perlodidae	29
Gambar 2. 4 Famili Hydrobiidae	30
Gambar 2. 5 Famili Unionida Hyriidae.....	30
Gambar 2. 6 Famili Amphisopidae	31
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	35
Gambar 4. 1 Genus Heptagenia	48
Gambar 4. 2 Spesies <i>Macrobrachium rosenbergii</i> (udang galah),	49
Gambar 4. 3 <i>Matapenaeus ensis</i> (udang api-api).....	51
Gambar 4. 4 Spesies <i>Filopaludina javanica</i>	53
Gambar 4. 5 Spesies <i>Melanoides granifera</i>	54
Gambar 4. 6 Spesies <i>Anentome Helena</i>	56
Gambar 4. 7 Spesies <i>Contradens contraden</i>	57
Gambar 4. 8 Indeks Keanekaragaman	60
Gambar 4. 9 Indeks Kemerataan	72
Gambar 4. 10 Indeks Dominansi.....	75

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai ialah salah satu perairan lotik (perairan mengalir) yang memiliki fungsi serta peranan penting bagi kehidupan makhluk hidup (Ridho, 2017). Menurut Pratiwi et al. (2015), sungai banyak dimanfaatkan manusia untuk kebutuhan sehari-hari mulai dari mencuci, memasak, mandi, minum dan untuk mengairi sawah, serta tempat hidup bagi organisme. Selain itu sungai juga dapat menampung dan mengalirkan air dari hulu ke hilir (Junaidi, 2014).

Sungai merupakan suatu wilayah ekosistem perairan yang kualitas perairan tersebut sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar (Kahirun et al., 2019). Sungai di Indonesia berjumlah kurang lebih 5.590 sungai utama dan 65.017 anak sungai (Putri, 2021). Menurut Susantono (2009), total panjang sungai yaitu 94.573 km dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) sekitar 1.512.466 km². Salah satu sungai di Indonesia yaitu sungai Brantas.

Sungai Brantas termasuk sungai di Pulau Jawa yang terpanjang kedua setelah sungai Bengawan Solo. Sungai ini memiliki daerah aliran sungai seluas ± 12.000 km² dengan panjang sekitar 320 km. Aliran sungai Brantas melewati beberapa wilayah antara lain Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang, Mojokerto dan bermuara di kota Surabaya (Pratiwi et al., 2015). Kualitas air sungai yang ada di beberapa wilayah Indonesia pada saat ini semakin menurun (Zuliyanti, dkk., 2022). Menurut Chasanah, dkk., (2017), salah satu faktor penyebab penurunan kualitas air adalah peningkatan aktivitas penduduk. Aktivitas penduduk yang meningkat dapat

hayati), COD (kebutuhan oksigen kimiawi). Organisme pada perairan dapat hidup dalam kisaran suhu 20 – 30 °C. Selain itu organisme juga dapat hidup pada kisaran pH 7 – 8, 5. Sedangkan untuk kandungan DO dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu konsentrasi DO menurun, dan semakin suhu menurun maka konsentrasi DO akan meningkat.

Pemantauan kualitas air dapat dilakukan secara biologi dengan memperhatikan organisme seperti plankton, bakteri coliform dan struktur komunitas makrozoobentos (Elfidasari, dkk., 2015). Struktur makrozoobentos yang beragam dilingkungan perairan dapat digunakan sebagai indikator kualitas air (Handayani, et al., 2000; Pelealu, dkk., 2018). Selain itu pemantauan kualitas air juga dapat dilakukan dengan metode biotilik. Metode biotilik merupakan metode yang mudah untuk dilakukan, memberikan hasil akurat, serta tidak membutuhkan biaya yang mahal dan peralatannya mudah diperoleh. Biotilik ialah pemantauan kualitas air sungai dengan menggunakan biota makroinvertebrata seperti makrozoobentos. Kualitas air itu sendiri dapat diketahui berdasarkan analisis *Family Biotic Index* (FBI) (Rachman, dkk., 2016). Analisis Family Biotic Index (FBI) merupakan metode yang digunakan untuk menghitung tingkat pencemaran suatu perairan dengan menggunakan indikator berupa keberadaan makroinvertebrata (invertebrate berukuran besar). Berdasarkan familinya Nilai tinggi *Family biotic index* suatu spesies yang sensitive terhadap pencemaran menunjukkan kualitas air baik. Sedangkan jumlah makrozoobentos yang semakin menurun menunjukkan adanya perubahan kondisi sungai (Firdhausi, dkk., 2018).

Makrozoobentos merupakan suatu organisme perairan yang hidup didasar perairan (Pelealu, dkk., 2018). Selain itu makrozoobentos dapat hidup di perairan tercemar sehingga bisa dijadikan sebagai bioindikator kualitas air (Indramawan dan Manan, 2011). Pada ekosistem sungai makrozoobentos berperan sebagai konsumen primer atau herbivora dan konsumen sekunder atau karnivora. Makrozoobentos banyak memakan fitoplankton, perifiton, alga, bakteri, makrofita, zooplankton, dan senyawa organik dalam lumpur (Juwita, 2017). Makrozoobentos memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan hidupnya. Selain itu makrozoobentos juga memiliki peran penting dalam proses dekomposisi dan mineralisasi material organik yang masuk ke dalam suatu badan perairan. Keberadaan makrozoobentos juga dapat dilihat dari substrat dasar perairan dimana hal tersebut sangat menentukan perkembangan makrozoobentos. Pada sungai berarus deras dengan substrat berupa bebatuan akan lebih sering ditemukan jenis filum Arthropoda dan Mollusca. Sedangkan pada sungai dengan substrat pasir atau lumpur akan sering ditemui filum Annelida dan Mollusca (Pelealu, dkk., 2018).

Makrozoobentos dapat digunakan untuk mengetahui kualitas perairan berdasarkan indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi. Meisaroh, dkk., (2019), menunjukkan kondisi perairan di bagian hilir sungai Hurun Lampung tercemar sedang. Nilai tercemar sedang dapat diketahui dari indikator struktur komunitas makrozoobentos meliputi indeks keanekaragaman 1,35 – 2,41, indeks keseragaman 0,39 – 0,87 dan indeks dominansi 0,11 – 0,53. Sedangkan Aulia, dkk., (2020), menunjukkan kondisi

perairan di sungai Upang desa Tanah Bawah kecamatan Puding kabupaten Bangka tercemar sedang. Nilai tercemar sedang dapat diketahui dari indikator struktur komunitas makrozoobentos meliputi indeks keanekaragaman 0,94 – 1,04, indeks keseragaman 0,68 – 0,65 dan indeks dominansi 0,44 – 0,5.

Jatigedong merupakan salah satu desa di kecamatan Ploso, kabupaten Jombang yang terdiri dari 4 dusun antara lain Jatirowo, Lengkong, Gedang dan Gotan. Aliran sungai Brantas juga melewati desa Jatigedong yang merupakan salah satu sungai dimana diduga mengalami pencemaran. Berdasarkan survei yang dilakukan pencemaran disebabkan oleh limbah domestik rumah tangga dan limbah industri. Hal tersebut dapat terjadi karena disekitar sungai Brantas banyak pemukiman warga dan terdapat pabrik MSG yang membuang limbah secara langsung ke sungai, sehingga kualitas air dapat menurun. Sungai Brantas juga dijadikan sebagai sumber air PDAM yang disalurkan ke masyarakat Jatigedong untuk digunakan sebagai air minum, untuk masak, mandi, dsb. Penelitian mengenai struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di sungai Brantas Jatigedong, Ploso-Jombang pada saat ini masih belum banyak dilakukan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ningrum dan Kuntjoro (2022), di Perairan Sungai Brangkal Mojokerto (anak dari sungai Brantas), diketahui kualitas air tercemar sedang. Kualitas air tersebut dapat diketahui dari indeks keanekaragaman (H') makrozoobentos secara keseluruhan yaitu 1, 13 yang tergolong dalam keanekaragaman sedang. Suheriyanto dan Kristanti (2013), pada penelitian yang dilakukan di sungai Brantas Malang, diketahui indeks keanekaragaman (H') bentos terendah ditemukan di Gadang (Kota Malang)

yang merupakan daerah pemukiman padat penduduk yaitu 1,55 dan nilai H' tertinggi ditemukan di Bumiaji (Kota Batu) yang merupakan daerah pertanian dan perkebunan yaitu 2,38. Tinggi rendahnya nilai indeks keanekaragaman bentos dapat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan serta kesesuaian habitat bentos dalam suatu perairan. Berdasarkan latar belakang di atas maka peneliti tertarik untuk mengajukan judul penelitian "Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Brantas Di Desa Jatigedong, Ploso-Jombang".

1.2 Rumusan Masalah

- a. Apa saja jenis makrozoobentos di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang
- b. Bagaimana indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi struktur komunitas makrozoobentos di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang?
- c. Bagaimana kualitas air di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang berdasarkan *Family Biotic Index*?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui jenis makrozoobentos di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang
- b. Mengetahui indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi struktur komunitas makrozoobentos di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang

- c. Mengetahui kualitas air di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang, berdasarkan berdasarkan *Family Biotic Index*

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Memberikan wawasan dan pengetahuan mengenai keanekaragaman, keseragaman dan dominansi makrozoobentos yang ada di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang
- b. Memberikan wawasan dan pengetahuan mengenai kualitas air di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso, kabupaten Jombang berdasarkan *Family Biotic Index*

1.5 Batasan Penelitian

- a. Lokasi pengambilan sampel berada di sungai Brantas daerah Jatigedong, kecamatan Ploso-Jombang yang dilakukan dengan tiga kali pengulangan
- b. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari dimulai dari pukul 08.00
- c. Identifikasi spesimen makrozoobentos dilakukan berdasarkan pengamatan morfologi hingga tingkat genus dan spesies menggunakan buku berjudul *Benthic Invertebrates and Their Habitats* (2017)
- d. Jenis makrozoobentos yang diamati termasuk kelompok insekta (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), gastropoda, bivalvia, crustacea
- e. Parameter fisika yang diamati antara lain: kedalaman, suhu air, kecerahan air, dan kecepatan arus. Sedangkan parameter kimia yang diamati meliputi: pH, DO dan TDS.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Sungai

Ekosistem sungai yang ada di daratan dibagi menjadi dua yaitu perairan *lotic* (perairan berarus) dan perairan *lentic* (perairan tenang). Perairan *lotic* ditandai dengan adanya arus yang terus menerus dan dengan kecepatan yang bervariasi. Perairan yang termasuk dalam kelompok perairan *lotic* antara lain sungai, parit dan kali. Sedangkan perairan menggenang ialah perairan yang ditandai dengan aliran air yang lambat atau bahkan tidak ada, contoh perairan *lentic* yaitu waduk, danau, telaga dan kolam (Odum, 1993).

Ekosistem perairan seperti sungai memiliki beberapa macam karakteristik baik dari faktor abiotik dan biotik yang masing-masing memiliki manfaat. Sebagaimana firman Allah dalam Al-Qur'an surah Fatir ayat 12 sebagai berikut:

ومايسئوي البحران هذاعذب فرات سائغ شرابه وهذا ملح أجاج ومن كل تأكلون حلية تلبسو نها
وتري الفلق فيه مواخر لتبتغ أ من فضله ولعلكم تشكرون (١٢)

Artinya: “dan tidaklah sama antara kedua laut; ini tawar, segar, nikmat untuk diminum, dan ini asin serta pahit, Dan dari setiap laut itu kalian bisa makan daging segar dan kalian bisa mengeluarkan perhiasan yang bisa kalian kenakan, dan kalian melihat kapal-kapal di dalamnya berlayar untuk mencari anugerah-Nya, dan agar kalian bersyukur.” (QS. Al-Fathir (35): 12).

Pada tafsir Ibnu Katsir dalam Tahzib wa Tartib, “Dan tidak sama (antara) dua lautan; yang ini tawar, segar, sedap diminum, dan yang lain asin lagi pahit diartikan Allah telah menciptakan dua jenis dari perairan. Pertama perairan tawar dan segar seperti air sungai yang mengalir untuk kebutuhan umat manusia, ada yang berukuran kecil atau besar serta tersebar di berbagai wilayah sesuai dengan keperluan. Sungai ada yang mengalir di kota-kota,

padang sahara, hutan-hutan. Air sungai itu termasuk air tawar yang segar lagi nikmat untuk diminum. Kedua adalah air laut yang asin lagi pahit. Laut ialah tempat kapal berlayar untuk kehidupan manusia”.

Selain itu pada ekosistem terdapat zona-zona primer sungai antara lain (Ngabekti, 2004):

a. Zona litoral

Zona litoral merupakan daerah perairan yang ada di pinggir sungai dan masih bersentuhan dengan daratan. Pada daerah ini banyak organisme yang dapat ditemukan seperti siput, kerang, tumbuhan akuatik, crustacean, amfibi, ikan, serangga, perifiton dan lain-lain.

b. Zona Limnetik

Zona limnetik ialah daerah perairan yang terbentang antara zona litoral di satu sisi dengan sisi lain. Pada daerah ini organisme yang banyak ditemukan yaitu udang, ikan dan plankton

c. Zona Profundal

Zona profundal merupakan daerah yang ada di dasar perairan dimana lebih sedikit menerima cahaya matahari dibandingkan zona litoral maupun zona limnetic. Pada daerah ini organisme yang hidup lebih sedikit

d. Zona Sublitoral

Zona sublitoral merupakan daerah peralihan antara zona litoral dengan zona profundal. Pada daerah ini banyak dihuni oleh jenis organisme bentik serta organisme temporal yang datang mencari makan.

2. 2 Kualitas Air Sungai

Perairan pada umumnya dibagi menjadi tiga jenis yaitu perairan air laut, perairan air payau dan perairan air tawar. Pada perairan tawar dibedakan menjadi dua jenis yaitu perairan lentik dan perairan lotik. Perairan lentik ialah suatu perairan yang menggenang dan tidak terdapat aliran air. Perairan yang termasuk kedalam perairan lentik antara lain danau, kolam, rawa, dan waduk. Sedangkan perairan lotik merupakan perairan yang ditandai dengan adanya aliran air. Perairan yang termasuk perairan lotik yaitu sungai (Dimenta, dkk., 2020).

Sungai merupakan salah satu sumber air baku yang dapat memenuhi kebutuhan makhluk hidup terutama kebutuhan masyarakat. Sedangkan wilayah sungai adalah kesatuan wilayah tata pengairan sebagai suatu hasil pengembangan satu atau lebih daerah pengaliran sungai. Selain itu sungai juga merupakan suatu perairan yang mengalir terbuka dan mendapat masukan barang buangan yang semuanya berasal dari kegiatan manusia di daerah pemukiman, pertanian hingga industri. Sesuatu yang masuk ke buangan kemudian ke sungai dapat mengakibatkan perubahan faktor kimia, fisika, dan biologi di dalam perairan (Sahabuddin dkk, 2014). Sungai di Indonesia berjumlah kurang lebih 5.590 sungai utama dan 65.017 anak sungai (Putri, 2021). Menurut Susantono (2009), total panjang sungai yaitu 94.573 km dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) sekitar 1.512.466 km². Salah satu sungai di Indonesia yaitu sungai Brantas.

Sungai Brantas ialah sungai terbesar kedua di Pulau Jawa dan sungai terpanjang di provinsi Jawa Timur setelah sungai Bengawan Solo yang mata

airnya berada di Kota Batu dan mengalir melewati kota Blitar, Malang, Tulungagung, Kediri, Jombang, Mojokerto serta bermuara di Surabaya. Sungai Brantas memiliki panjang sungai utama yaitu 320 km dengan daerah aliran sungai seluas sekitar 12.000 km² mencakup 25% luas dari provinsi Jawa Timur (BBWS Brantas: 2011). Menurut Darmono (2001) dalam Supriyanto, dkk (2007), menjelaskan bahwa sungai termasuk suatu ekosistem perairan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai sarana dan juga dapat memenuhi kebutuhan air sehari - hari. Sungai itu sendiri memiliki fungsi yang cukup penting bagi kehidupan makhluk hidup sehingga keberadaan air harus dijaga dengan baik secara totalitas baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya.

Kualitas air pada ekosistem sungai dapat berubah akibat penggunaan lahan, kegiatan pertanian, peternakan, industri, dan pemukiman sehingga terjadi pencemaran air. Terjadinya pencemaran air di ekosistem sungai mengakibatkan rusaknya ekosistem perairan sehingga diperlukan pengawasan terhadap kualitas air. Pemantauan ini dilakukan dengan parameter yang ada di air seperti kimia, fisika, dan biologi (Ranisavlejevic dan Zerajic, 2017).

Suatu perairan dapat dikatakan tercemar apabila tidak memenuhi baku mutu standar. Kualitas air sungai yang menurun dapat mempengaruhi kehidupan biota air dan masyarakat sekitar yang memanfaatkan air sungai. Penurunan kualitas air sungai dapat ditandai dengan beberapa faktor seperti warna, bau, transparansi, dan suhu (Dakhova dkk., 2021). Kualitas air didasarkan pada baku mutu kualitas air yang sesuai dengan kategori sungai berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang

Keterangan:

Klasifikasi mutu air yang sudah ditetapkan dapat dibagi menjadi 4 kelas:

- a. Kelas I : Air yang digunakan untuk air baku air minum, dan kebutuhan lain yang membutuhkan kualitas air sesuai dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas II : Air yang digunakan untuk prasarana/sarana hiburan air, budidaya ikan air tawar, perternakan, tanaman, dan kebutuhan lain yang membutuhkan kualitas air sesuai dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas III : Air yang digunakan untuk budidaya ikan air tawar, perternakan, dan kebutuhan lain yang membutuhkan kualitas air sesuai dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas IV : Air yang digunakan untuk pengairan tanaman dan kebutuhan lain yang membutuhkan kualitas air sesuai dengan kegunaan tersebut.

2.3 Bioindikator

Bioindikator adalah suatu komponen biotik (makhluk hidup) yang digunakan sebagai indikator. Bioindikator berasal dari dua kata yaitu bio yang artinya makhluk hidup seperti hewan, tumbuhan maupun mikroba dan indikator yang artinya variabel yang dimana dapat digunakan untuk membantu mengevaluasi suatu keadaan atau suatu status yang memungkinkan dilakukannya pengukuran lebih lanjut terhadap perubahan-perubahan yang telah terjadi dari waktu ke waktu. Bioindikator juga merupakan suatu indikator biotik yang dijadikan petunjuk untuk

menunjukkan suatu perubahan kualitas perairan yang terjadi akibat aktivitas manusia atau akibat kerusakan alami seperti bencana alam (Sumenge, 2008; Aulia, dkk., 2020).

Pemilihan spesies bioindikator yang tepat merupakan hal yang penting agar didapatkan hasil pemantauan kualitas lingkungan yang akurat. Spesies bioindikator yang digunakan harus memiliki kepekaan terhadap perubahan ekosistem yang diakibatkan berbagai faktor seperti perubahan lingkungan dan polutan. Organisme bioindikator yang digunakan juga harus mudah diidentifikasi, tersebar luas, memiliki riwayat dan fase kehidupan yang diketahui, memiliki peran penting di ekosistem, dan mempunyai respon terhadap kontaminan (Russo dkk., 2021).

Bioindikator dibagi menjadi dua yaitu bioindikator pasif dan bioindikator aktif. Bioindikator pasif merupakan spesies organisme penghuni asli didalam suatu habitat itu sendiri yang dapat menunjukkan perubahan. Bioindikator pasif dapat diukur dari perilaku, kematian atau morfologi. Sedangkan bioindikator aktif ialah spesies organisme yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap suatu polutan. Spesies organisme yang termasuk bioindikator aktif pada umumnya di introduksi ke dalam habitat untuk mengetahui serta memberi peringatan dini terhadap polusi atau pencemaran (Kumalasari & Soeprbowati, 2015).

Beberapa kriteria suatu organisme dapat digunakan sebagai bioindikator antara lain: (1) secara taksonomi telah cukup diketahui dan stabil, (2) secara umum sejarah alamiah telah diketahui, (3) siap dan mudah untuk disurvei serta dimanipulasi, (4) pada berbagai habitat taksa tertinggi terdistribusi

secara luas, (5) pola keanekaragaman menggambarkan atau terkait dengan taksa lainnya yang berkerabat atau tidak, (6) pada bidang ekonomi memiliki potensi yang penting. Selain itu keberadaan bioindikator seperti makrozoobentos disuatu perairan juga dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter lingkungan baik parameter biotik maupun abiotik. Parameter biotik yaitu keberadaan produsen seperti plankton maupun bakteri. Sedangkan parameter abiotik yaitu seperti parameter fisika antara lain: kedalaman, suhu air, kecerahan air, dan kecepatan arus. Sedangkan parameter kimia yang diamati meliputi: pH, DO dan TDS (Putri, dkk., 2020).

a. Suhu

Suhu air merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi kehidupan yang ada dalam perairan baik tumbuhan maupun hewan. Biota yang ada di dalam suatu perairan dapat hidup pada suhu air yang berkisar antara 28 °C - 32 °C. Secara alami suhu perairan merupakan suatu lapisan hangat karena adanya sinar matahari pada saat siang hari. Suhu perairan yang tinggi dapat memengaruhi kelarutan oksigen (DO) sehingga kelarutan oksigen di dalam perairan menurun (Handayani, D. 2009). Kondisi ekosistem perairan juga dapat dikendalikan oleh suhu yang ada dalam suatu perairan. Selain itu dengan perubahan suhu dapat menyebabkan pola sirkulasi yang stratifikasi sehingga sangat memengaruhi kehidupan akuatik dalam perairan (Krinstanto, 2004).

Suhu dapat diukur dengan alat seperti *thermometer* air raksa. Cara menggunakan *thermometer* air raksa tersebut yaitu direndam terlebih

dahulu dengan air dingin sehingga *thermometer* air raksa tersebut tidak menunjukkan suhu ruang. Kemudian digunakan untuk mengukur dengan memasukkan sebagian *thermometer* air raksa tersebut kedalam air dan didiamkan selama 5 menit lalu diangkat dan diamati sehingga dapat diketahui pada angka berapa suhu yang ditunjukkan pada *thermometer* lalu dicatat hasilnya

b. Kedalaman

Kehidupan hewan diperairan dapat dipengaruhi oleh tekanan air yang memiliki kedalaman berbeda. Kedalaman merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kehidupan bentos mulai dari jenis maupun jumlah individu. Selain itu faktor fisika yang dapat mempengaruhi pola penyebaran hewan bentos ialah pasang surut perairan (Wardhana, 2006). Pada tingkat kedalaman yang tinggi dapat mengurangi penyerapan cahaya matahari oleh badan air.

Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang dibutuhkan tumbuh-tumbuhan hijau untuk membantu proses fotosintesis serta diperlukan bagi pertumbuhan hewan seperti makrozoobentos. Pada daerah yang dalam dengan tingkat kedalaman 15 meter sampai 40 meter masih termasuk habitat yang baik untuk makrozoobentos (Hutabarat dan Evans, 2000; Ratih, dkk., 2015).

c. Kecerahan

Kecerahan dan kekeruhan merupakan salah satu parameter yang penting untuk menentukan produktivitas suatu perairan. Pada perairan dengan kecerahan rendah maka tingkat kekeruhan dapat

semakin tinggi (Ratih, dkk., 2015). Menurut Asdak (1995) dalam Badriyah (2013), kekeruhan dapat menunjukkan tingkat kejernihan maupun kekeruhan suatu perairan yang diakibatkan oleh unsur-unsur muatan sedimen baik yang bersifat organik maupun mineral. Pada tingkat kekeruhan yang semakin rendah atau kecil suatu perairan, maka semakin besar persediaan oksigen yang ada dalam air (Ratih, dkk., 2015).

d. Kecepatan Arus

Arus dari sungai dapat mengalami perubahan dari deras yaitu pada bagian hulu dan menjadi lambat pada bagian hilir sungai. Perubahan arus juga dapat diikuti dengan berubahnya keadaan biota seperti spesies-spesies ikan pada perairan (Odum, 1996; Fadilah, 2017). Kecepatan arus dapat ditentukan oleh kemiringan, substrat dasar serta kedalaman. Macan (1974) dalam Andriana (2008) dalam Ratih, dkk (2015), mengelompokkan sungai berdasarkan kecepatan arus menjadi 5 kelompok yaitu: 1) kecepatan arus lebih dari 1 m/s termasuk sungai berarus sangat cepat, 2) kecepatan arus antara 0,5 – 1 m/s sungai berarus cepat, 3) 0,25 – 0,5 m/s sungai berarus sedang, 4) 0,1 – 0,25 m/s sungai berarus lambat, 5) kecepatan kurang dari 0,1 m/s termasuk sungai berarus sangat lambat. Menurut Mason (1993) dalam Ratih, dkk (2015), hewan bentos lebih banyak ditemukan dan memiliki metabolisme yang lebih tinggi pada perairan berarus cepat daripada perairan berarus lambat.

e. Derajat keasaman (pH)

Setiap organisme memiliki batas toleransi terhadap derajat keasaman (pH). Pada perairan alami umumnya memiliki pH yang berkisar antara 6-9, sedangkan biota yang ada dalam suatu perairan cukup sensitif terhadap perubahan suhu dan menyukai kisaran suhu sekitar 7 - 8, 5 (Pratomo, Y. H. 2011). Suatu perairan dengan kondisi yang sangat asam maupun sangat basa dapat membahayakan kehidupan biota (organisme) yang ada dalam perairan karena dapat menyebabkan gangguan pada saat respirasi maupun gangguan pada proses metabolisme. Derajat keasaman (pH) yang rendah dapat mengakibatkan mobilitas berbagai senyawa yang memiliki sifat toksik sehingga dapat mengancam kehidupan organisme akuatik. Sedangkan pH yang tinggi dapat mengganggu keseimbangan ammonium dan juga amoniak dalam air. Kenaikan pH diatas normal dapat meningkatkan amoniak yang juga memiliki sifat toksik bagi organisme (Sutaji, 2011). Mengukur pH suatu perairan dapat dilakukan dengan cara menggunakan alat pH meter digital. Cara penggunaan alat tersebut yaitu dengan memasukkan sebagian sensor pH meter digital tersebut ke dalam air sampai angka tidak berubah sehingga dapat dilihat keasaman suatu perairan dengan melihat angka yang ditunjukkan oleh pH meter digital tersebut.

f. *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved oxygen (DO) atau oksigen terlarut merupakan parameter kimia yang menjadi faktor pembatas bagi kehidupan biota air. DO

pada suatu perairan dapat berkurang apabila suhu air maupun salinitas mengalami peningkatan. Selain itu DO juga dapat menurun jika ada penambahan bahan organik dalam perairan, karena mikroorganisme yang mengonsumsi oksigen terlarut akan menguraikan bahan organik tersebut. Respon setiap jenis biota terhadap penurunan DO berbeda. DO sangat dibutuhkan bagi organisme akuatik terutama untuk membantu proses respirasi (Barus, 2001).

Kehidupan makrozoobentos dapat dipengaruhi oleh perubahan oksigen terlarut (DO), karena bagi pernafasan makrozoobentos maupun organisme akuatik lainnya oksigen terlarut sangat penting. Sedangkan untuk keberadaan DO itu sendiri dapat dipengaruhi oleh faktor seperti suhu, di mana DO tinggi jika suhu rendah dan sebaliknya jika suhu tinggi maka DO rendah. Setiap spesies biota akuatik memiliki tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap konsentrasi oksigen terlarut, di mana spesies yang memiliki tingkat toleransi yang tinggi maka penyebarannya juga luas dan spesies yang penyebarannya sempit dapat dikarenakan oleh tingkat toleransi yang rendah (Barus, 2004).

g. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total padatan terlarut (*Total Dissolved Solid/TDS*) merupakan bahan-bahan terlarut dalam perairan yang tidak dapat tersaring dengan kertas saring milipore dengan ukuran $0,45 \mu$ (Sitorus, 2009). Padatan terlarut dapat berupa senyawa organik maupun anorganik yang terlarut dalam air seperti mineral. Pengukuran TDS berkaitan dengan

kekeruhan maupun kecerahan. Nilai kecerahan dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman air yang memungkinkan terjadi proses fotosintesis. Kecerahan ialah kemampuan penetrasi cahaya matahari sampai kedalaman tertentu.

2.4 Makrozoobentos

Pada ekosistem perairan terdapat biota akuatik yaitu organisme yang sebagian atau seluruh hidupnya berada di perairan baik kelompok organisme hewan maupun tumbuhan. Kelompok organisme biota akuatik ada yang bersifat bentik dan perifitik atau perenang bebas. Biota bentik ialah biota yang pada umumnya hidup di dasar perairan. Selain itu terdapat biota perifitik yaitu biota yang pada umumnya hidup di permukaan tumbuhan, batu maupun substrat yang ada di dalam air. Biota bentik maupun biota perifitik memiliki ukuran beragam mulai dari ukuran mikron sampai sentimeter. Sedangkan biota yang digunakan sebagai bioindikator ialah biota bentik maupun biota perifitik yang tergolong dalam kelompok hewan (Wardhana, 2006).

Makrozoobentos memiliki mobilitas yang rendah dan memiliki kepekaan terhadap pencemaran lingkungan sehingga dibuat penghitungan indeks biotik menggunakan organisme makrozoobentos, salah satu indeks biotik yang sering digunakan adalah *Family Biotic Index* (FBI). Skor toleransi mulai dari 0 diberikan kepada makrozoobentos yang tidak toleran terhadap limbah organik, sedangkan skor toleransi 10 diberikan kepada makrozoobentos yang toleran terhadap limbah organik (Mandaville, 2002).

Kelompok hewan yang dapat digunakan sebagai bioindikator sebagian besar tergolong invertebrata seperti bentos. Bentos ialah organisme yang

hidup di dasar perairan maupun dasar endapan baik organisme sesil (menetap) atau organisme motil (bergerak) seperti gastropoda, bivalvia dan crustacea serta kelompok cacing. Sedangkan makrozoobentos merupakan organisme yang juga hidup di substrat dasar perairan seperti di atas atau di dalam sedimen. Keberadaan makrozoobentos dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor biotik maupun abiotik. Faktor biotik yang dapat mempengaruhi kehidupan atau keberadaan makrozoobentos yaitu produsen. Sedangkan faktor abiotik antara lain kandungan fisika maupun kimia dalam perairan, substrat dasar dan kecepatan arus (Goldman, 1983).

a. Habitat

Makrozoobentos merupakan organisme yang hidup di dasar perairan yang digolongkan menjadi kelompok epifauna dan infauna. Kelompok epifauna ialah kelompok bentos yang hidup dan melekat di permukaan dasar perairan. Sedangkan kelompok bentos yang hidup di dalam perairan seperti di sedimen disebut kelompok infauna. Makrozoobentos juga merupakan salah satu organisme yang memiliki peranan penting dalam ekosistem perairan karena termasuk organisme kunci dalam jaringan makanan. Pada sistem perairan makrozoobentos berfungsi sebagai predator, detritivor dan parasit. Sedangkan untuk siklus hidup makrozoobentos sebagian atau seluruh siklus hidup berada di dasar perairan baik sesil, menggali lubang maupun merayap. Pada suatu perairan komposisi makrozoobentos seperti kelimpahan dan komposisi jenis hewan makrozoobentos salah satunya ditentukan oleh keadaan atau struktur substrat (Jati, 2003).

Kerapatan dan keanekaragaman makroinvertebrata memiliki korelasi langsung dengan keragaman substrat. Endapan sedimen yang mengisi ruang pori pada substrat dapat mengurangi luas habitat yang ditempati oleh makroinvertebrata. Peningkatan kandungan sedimen berukuran halus sebanyak 12-17% dapat mengurangi populasi invertebrata sebanyak 16-40%. Habitat yang arusnya deras, terdapat batuan, vegetasi tepi sungai, dan terdapat partikel organik berupa daun jatuh serta materi terlarut lainnya merupakan habitat yang diminati oleh makrozoobentos (Tjokrokusumo, 2008).

b. Cara Makan Makrozoobentos

Pada umumnya makrozoobentos merupakan organisme yang hidup sebagai *suspensioner feeder* (pemakan suspensi), pemakan detritus (fragmen atau hancuran dari organisme yang mati) dan pemakan plankton (karnivor). Selain itu berdasarkan cara makan, makrozoobentos dikelompokkan menjadi dua yaitu *filter feeder* dan *deposit feeder*. *Filter feeder* ialah kelompok zoobentos yang mengambil makanan dengan cara menyaring air. Kelompok *filter feeder* (pemakan bahan tersuspensi) dapat lebih banyak ditemukan (mendominasi) di substrat berpasir seperti moluska-bivalvia, crustacea dan beberapa jenis echinodermata. Sedangkan *deposit feeder* yaitu kelompok hewan bentos yang mengambil makanan dari dalam substrat dasar. Kelompok *deposit feeder* (pemakan deposit/endapan) dapat ditemukan di substrat berlumpur seperti jenis polyhaeta (Setyobudiandi, 1997; Juwita, 2017). Menurut Nybakken

(1988) dalam Juwita (2017), berdasarkan pola makannya bentos dibedakan menjadi tiga antara lain *suspensioner feeder* (pemakan suspensi) yaitu kelompok bentos yang mencari makan dengan cara menyaring partikel-partikel melayang di perairan, *deposit feeder* (pemakan deposit/endapan) yaitu kelompok bentos yang mencari makan di sedimen lalu mengasimilasikan (menyesuaikan) dengan bahan organik yang dapat dicerna dari sedimen, dan *detritus feeder* (pemakan detritus) yaitu kelompok bentos yang hanya memakan detritus atau memakan fragmen dari organisme mati.

c. Komunitas Makrozoobentos

Pada umumnya makrozoobentos merupakan organisme yang hidup sebagai *suspensioner feeder* (pemakan suspensi), pemakan detritus (fragmen atau hancuran dari organisme yang mati) dan pemakan plankton (karnivor). Selain itu berdasarkan cara makan, makrozoobentos dikelompokkan menjadi dua yaitu *filter feeder* dan *deposit feeder*. *Filter feeder* ialah kelompok zoobentos yang mengambil makanan dengan cara menyaring air. Kelompok *filter feeder* (pemakan bahan tersuspensi) dapat lebih banyak ditemukan (mendominasi) di substrat berpasir seperti moluska-bivalvia, crustacea dan beberapa jenis echinodermata. Sedangkan *deposit feeder* yaitu kelompok hewan bentos yang mengambil makanan dari dalam substrat dasar. Kelompok *deposit feeder* (pemakan deposit/endapan) dapat ditemukan di substrat berlumpur seperti jenis polyhaeta (Setyobudiandi, 1997; Juwita, 2017). Menurut Nybakken

(1988) dalam Juwita (2017), berdasarkan pola makannya bentos dibedakan menjadi tiga antara lain *suspensioner feeder* (pemakan suspensi) yaitu kelompok bentos yang mencari makan dengan cara menyaring partikel-partikel melayang di perairan, *deposit feeder* (pemakan deposit/endapan) yaitu kelompok bentos yang mencari makan di sedimen lalu mengasimilasikan (menyesuaikan) dengan bahan organik yang dapat dicerna dari sedimen, dan *detritus feeder* (pemakan detritus) yaitu kelompok bentos yang hanya memakan detritus atau memakan fragmen dari organisme mati.

2. 4.1 Klasifikasi Makrozoobentos

Klasifikasi zoobentos berdasarkan ukurannya dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu zoobentos mikroskopik atau mikrozoobentos dan zoobentos makroskopik atau makrozoobentos. Makrozoobentos memiliki ukuran minimal 3-5 mm (Cummins, 1975; Juwita, 2017). Makrozoobentos juga dapat diambil dengan menggunakan saringan no.30 Standar Amerika (Apha, 1992; Yulianan, 2007; Juwita, 2017). Sedangkan Slack et al (1973) dalam Rosenberg and Resh (1993) menjelaskan bahwa makrozoobentos merupakan organisme yang dapat diambil dengan menggunakan saringan berukuran besar antara 200-300 mikrometer (Juwita, 2017). Berdasarkan ukuran, bentos dikelompokkan menjadi tiga sebagai berikut:

a. Mikrobentos

Merupakan kelompok bentos dengan ukuran yang kecil yaitu 0,1 mm. Hewan yang termasuk kedalam kelompok mikrobentos antara lain: bakteri, amoeba, diatom, ciliate dan flagellate.

b. Meiobentos

Merupakan kelompok bentos dengan ukuran mulai dari 0,1 mm sampai 1,0 mm. Hewan yang termasuk meiobentos yaitu cepepoda, nematode dan foraminifera

c. Makrobentos

Merupakan kelompok bentos dengan ukuran yang lebih dari 1 mm (0.04 inch), contohnya molusca, annelida, cacing, sponge dan crustacea.

2.4.2 Ciri-Ciri Makrozoobentos

Makrozoobentos dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas air karena memiliki kepekaan terhadap kondisi lingkungan serta memiliki pergerakan yang lambat. Makrozoobentos berdasarkan kepekaan terhadap bahan pencemar dikelompokkan menjadi dua yaitu (Gaufin, 1958; Wilhm, 1975; Khusna, 2017):

a. Makrozoobentos Intoleran

Makrozoobentos jenis intoleran ialah kelompok makrozoobentos yang memiliki kisaran toleransi sempit terhadap pencemaran atau tidak tahan terhadap bahan pencemar, sehingga hanya dapat hidup

dan berkembang di perairan yang sedikit atau belum tercemar. Makrozoobentos yang termasuk kelompok intoleran yaitu:

1) Ordo Ephemeroptera

Ordo Ephemeroptera jika berada pada lingkungan yang dingin, berarus sedang hingga deras dan berbatu maka dapat mencapai kelimpahan yang tinggi. Famili yang termasuk dalam ordo Ephemeroptera yaitu famili Baetidae dan famili Ephemerellidae (Gambar 2.1 dan Gambar 2.2). Spesies dari famili Baetidae yang paling toleran dengan pencemaran ringan yaitu spesies *Baetis* sp. Spesies *Baetis* sp jika berada pada perairan yang terdapat sedimentasi serta polusi organik, maka akan mengalami penurunan kelimpahan. Spesies *Baetis* sp termasuk spesies yang memerlukan banyak oksigen. Setyaningthias (2007), menjelaskan ciri-ciri lingkungan tempat hidup famili Baetidae yaitu hidup pada pH 5, 6 - 8, 5; DO 4-14 ppm; BOD 0, 3 – 15, 4 ppm.

Family Ephemerellidae memiliki cara makan yang dengan famili Baetidae yaitu scraper (menggali). Setyaningthias (2007) dalam Juwita, 2017, menjelaskan ciri-ciri lingkungan tempat hidup famili Ephemerellidae yaitu hidup pada pH 6, 6 - 8, 4; DO 4-14 ppm; BOD 0, 5 – 4, 1 ppm. Contoh family Heptageniidae pada gambar 2.1 (Haniyyah, 2021).

memiliki peran yang penting terutama untuk ikan yaitu berperan sebagai perantara energi dan nutrisi. Hewan bentos yang telah mati akan membusuk dan meninggalkan nutrisi yang kemudian digunakan oleh tanaman air maupun hewan lain yang ada dalam rantai makanan. Berdasarkan jenis, zoobentos ada yang memiliki peran sebagai konsumen primer dan ada juga yang berperan sebagai konsumen sekunder atau konsumen yang lebih tinggi. Zoobentos pada umumnya merupakan makanan alami bagi ikan-ikan yang hidup di dasar perairan (*bottom feeder*).

Menurut Sharma dkk (2013), makrozoobentos memiliki kontribusi yang sangat penting bagi ekosistem, proses mineralisasi pada endapan perairan serta daur material organik. Makrozoobentos termasuk salah satu makroinvertebrata benthik yang dapat dijadikan sebagai bioindikator. Makroinvertebrata benthik ialah golongan organisme yang pada umumnya dapat digunakan untuk meninjau kualitas sungai. Kualitas perairan atau status perairan dapat dinilai dari keberadaan EPT yang merupakan singkatan dari ordo *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, dan *Trichoptera*. Makroinvertebrata EPT memiliki kepekaan yang tinggi untuk merespon perubahan suatu keadaan ekosistem sungai. Ordo EPT dapat bertahan dalam perairan yang sehat dan bebas dari cemaran. Pencemaran yang masuk ke perairan meskipun dalam jumlah yang sedikit dapat menyebabkan populasi EPT menjadi berkurang (Firdhausi dkk., 2019).




Makroinvertebrata merupakan salah satu kelompok organisme yang paling sering digunakan sebagai indikator biologis. Organisme makroinvertebrata sebagai bioindikator memiliki beberapa keunggulan

antara lain: (1) dapat menceminkan karakteristik lokal dari daerah setempat karena sebagian besar memiliki mobilitas terbatas, (2) pada umumnya memiliki siklus hidup yang cukup panjang, (3) dapat ditemukan di sebagian besar habitat perairan dengan jumlah yang belimpah dan mudah ditangkap, (4) taksonomi relative terdefinisi dengan baik, (5) pada polutan yang berbeda memiliki kepekaan yang berbeda, (6) terdapat perbedaan kelompok dan tingkat trofik sehingga memungkinkan salah satu organisme bereaksi dalam menghadapi perubahan lingkungan yang tinggi, (7) penentuan taksonomi sampai tingkat family menjadi indikator kondisi lingkungan yang sering dilakukan dan dapat diandalkan (Haniyyah, 2021)



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 3. 2 Titik Koordinat Lokasi Penelitian

No.	Lokasi Penelitian	Deskripsi Wilayah
1.	Stasiun 1 (sesudah pabrik) Lat -7.453128° Long 112.232808°	Bantaran sungai terdapat banyak tumbuhan, tepi sungai berlumpur dan dekat dengan instalasi pengolahan air atau PDAM
		
2.	Stasiun 2 (depan pabrik) Lat -7.44908° Long 112.249641°	Terdapat pembuangan limbah dan tepi sungai berlumpur
		
3.	Stasiun 3 (Sebelum pabrik) Lat -7.446207° Long 112.259442°	Bantaran sungai banyak tumbuhan, tepi sungai lumpur-berpasir dan dekat dengan pemukiman
		

3.3 Alat dan Bahan

- a. Alat: Jaring makrozoobentos (ukuran 500 mesh), Secchi disk, Stopwatch dan tali raffia, Pinset/sendok, Nampan plastik, Plastik klip, Alat tulis, GPS (Global Positioning System), Loop (kaca pembesar), Mikroskop binokuler, Kertas label, Termometer, pH meter, DO meter, TDS meter, Tongkat sepanjang 1 meter, Kertas millimeter blok
- b. Bahan: Alkohol 70% dan Aquades

3.4 Prosedur Penelitian

a. Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2022 untuk menentukan stasiun yang akan diamati.

- 1) Stasiun pengambilan sampel ditentukan dengan metode *purposive sampling* (secara terpilih/ditentukan) yang didasarkan pada pertimbangan topografi kondisi lingkungan dimana terdapat limbah pabrik MSG yang dibuang ke sungai Brantas daerah Jatigedong-Jombang, vegetasi bantaran sungai, air sungai yang dijadikan sebagai sumber PDAM oleh masyarakat setempat, dan aktivitas manusia di sekitar sungai. Pengambilan sampel dilakukan dengan jarak kurang lebih 1 km dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Sedangkan pada setiap stasiun ditentukan 3 titik (substasiun) dengan jarak kurang lebih 1 m.
- 2) Penentuan titik lokasi pengambilan yaitu pada sisi kiri dan kanan bantaran sungai pada kedalaman 1 m.

b. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* di 3 titik lokasi pengambilan sampel (stasiun) yang telah ditentukan. Pada masing-masing titik lokasi dilakukan pengambilan sampel makrozoobentos sebanyak tiga kali pengulangan dalam 3 minggu. Pengambilan sampel dilakukan 3 kali seminggu yang masing-masing dilakukan pagi hari pukul 08.00 sampai selesai. Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan menggunakan teknik *kicking dan jabbing*. Teknik *kicking* merupakan teknik dengan menggunakan kaki untuk mengaduk substrat sungai pada titik lokasi pengambilan sampel. Teknik *kicking* dapat digunakan pada lokasi pengambilan sampel yang dangkal dengan cara meletakkan jaring makrozoobentos kedalam sungai menghadap hulu kemudian substrat di aduk dengan menggunakan kaki selama 1 menit untuk merangsang organisme agar keluar dan hanyut masuk ke jaring sesuai dengan Purwanto, dkk (2018).

Sedangkan teknik *jabbing* yaitu teknik yang dilakukan di tepian sungai dengan cara memasukkan jaring makrozoobentos kedalam permukaan dasar sungai menghadap hulu dan menyapukan jaring secara perlahan. Setelah dilakukan teknik *kicking dan jabbing*, jaring makrozoobentos diangkat ke atas permukaan air lalu dibersihkan sampel dari lumpur. Sampel kemudian diletakkan kedalam baki plastik untuk disortir menggunakan tangan (*hand sorting*) sesuai metode Rizka dkk (2016). Langkah selanjutnya sampel dimasukkan kedalam botol vial atau

d. Pengukuran parameter fisika-kimia

Pengambilan sampel air dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel makrozoobentos untuk dianalisis faktor fisika-kimia. Parameter fisika yang diamati antara lain: kedalaman, suhu air, kecerahan air, dan kecepatan arus. Sedangkan parameter kimia yang diamati meliputi: pH, DO dan TDS. Pengukuran parameter fisika-kimia dilakukan secara langsung di lokasi pengamatan. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer air raksa, kedalaman diukur menggunakan tongkat sepanjang 1 meter, kecerahan air diukur dengan menggunakan *Secchi disk*, kecepatan air diukur dengan menggunakan *Stopwatch* dan tali raffia. Sedangkan untuk DO menggunakan alat DO meter, pH air dengan menggunakan alat pH meter, dan TDS dengan menggunakan alat TDS meter.

3.5 Analisis Data

Analisa data yang dilakukan yaitu analisa secara kualitatif yang disajikan dalam bentuk tabel dan diagram batang yang kemudian di deskripsikan dengan mencantumkan gambar serta nama ilmiah. Selain itu analisa data juga dilakukan secara kuantitatif untuk mengetahui indeks keanekaragaman, indeks kelimpahan, indeks keseragaman, indeks dominansi dan *family biotic index*.

Famili	Spesies/Genus	SISI KIRI			SISI KANAN			Jumlah Individu
		St 1	St 2	St 3	St 1	St 2	St 3	
Non-EPT								
Viviparidae	<i>Filopaludina javanica</i>	14	9	6	2	6	3	40
Thiaridae	<i>Melanoides granifera</i>	66	278	153	40	58	54	649
Buccinidae	<i>Anentome Helena</i>	38	154	64	16	19	13	304
Unnionidae	<i>Conradens conradens</i>	10	18	23	9	14	2	76
Palaemonidae	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	57	48	31	17	14	23	190
	<i>Metapenaeus ensis</i>	40	30	25	8	5	19	127
Jumlah		225	537	302	95	118	116	1393
Jumlah Total		1064			329			

(Data Primer,2023)

Hasil identifikasi makrozoobentos yang disajikan pada tabel 4.1 diperoleh 1.393 individu dari 6 famili (1 famili dari kelompok EPT dan 5 famili dari kelompok Non-EPT). Famili dari kelompok EPT yang ditemukan yaitu famili Heptageniidae sebanyak 7 individu dari 1 genus *Heptagenia* spesies *Heptagenia sulphurea*. Famili Heptageniidae merupakan famili dari ordo Ephemeroptera yang termasuk makrozoobentos kelompok EPT. Sedangkan dari kelompok Non-EPT famili yang ditemukan antara lain famili Palaemonidae dari kelas Crustacea, famili Unnionidae dari kelas Bivalvia dan famili Viviparidae, Thiaridae, Bucciniidae dari kelas Gastropoda. Pada famili Palaemonidae ditemukan 2 spesies yaitu spesies *Macrobrachium rosenbergii* (udang galah) sebanyak 190 individu dan *Metapenaeus ensis* (udang api-api) 127 individu. Famili Unnionidae yang ditemukan yaitu spesies *Conradens conradens* sebanyak 76 individu. Famili Viviparidae yang ditemukan yaitu spesies *Filopaludina javanica* sebanyak 40 individu. Famili Thiaridae yang

ditemukan yaitu spesies *Melanoides granifera* sebanyak 649 individu dan famili Buccinidae yaitu spesies *Anentome helena* sebanyak 304 individu.

Makrozoobentos dikelompokkan menjadi 2 yaitu kelompok yang sensitive atau peka terhadap pencemaran dan makrozoobentos yang toleran atau tahan terhadap pencemaran. Kelompok makrozoobentos yang sensitive terhadap pencemaran yaitu makrozoobentos dari ordo Ephemeroptera, Plecoptera dan Tricoptera (EPT). Sedangkan kelompok makrozoobentos yang toleran terhadap pencemaran yaitu Gastropoda dari ordo Mesogastropoda, Bivalvia dari ordo Mollusca dan Crustacea dari ordo Decapoda yang merupakan kelompok Non-EPT (Rini, 2011).

Berdasarkan hasil indentifikasi makrozoobentos (Tabel 4.1) diketahui bahwa yang paling banyak ditemukan ialah makrozoobentos dari kelompok Non-EPT yaitu famili Thiaridae 649 individu dan yang paling rendah ditemukan yaitu makrozoobentos dari kelompok EPT famili Heptageniidae 7 individu. Famili Thiaridae paling banyak ditemukan di stasiun 2 sisi kiri yang lokasinya berada dekat dengan pembuangan limbah pabrik industri Chiel Jedang Indonesia. Nurfitriani (2017) menjelaskan bahwa famili Thiaridae merupakan salah satu famili dari kelas gastropoda yang keberadaannya dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan seperti faktor fisika yaitu suhu, kecerahan, TDS, kecepatan arus, kedalaman dan faktor kimia yaitu pH dan DO. Pada semua stasiun baik sisi kiri maupun sisi kanan diperoleh suhu yang berkisar antara 26-31 °C, kecerahan 24 – 27 cm, TDS 265 – 501 ppm, kecepatan arus 0,27 – 0,37 m/s, kedalaman 60 – 80 cm, pH 7,4 – 7,7 dan DO 4,53 – 6,44. Menurut Laraswati et al. (2020), kondisi substrat juga

berpengaruh terhadap perkembangan komunitas gastropoda. Substrat yang berlumpur dan berpasir sedikit liat merupakan substrat yang cocok untuk kehidupan gastropoda. Jenis substrat merupakan faktor utama yang mengontrol distribusi makrozoobentos (Khoerul dan Eti, 2022).

Menurut Taqwa *et al.* (2014) dalam Rustiasih, dkk (2018), famili Thiaridae khususnya dari kelas Gastropoda merupakan famili yang memiliki daya adaptasi yang sangat baik pada berbagai substrat serta memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengakumulasikan bahan-bahan tercemar tanpa mengalami kematian karena dapat menyembunyikan diri kedalam cangkang. Selain itu famili Thiaridae juga banyak ditemukan karena faktor ekologis yang mendukung serta famili Thiaridae memiliki perkembangbiakan partenogenesis. Menurut Marhendra, dkk (2012), partenogenesis merupakan perkembangbiakan yang sama sekali tidak melibatkan sperma. Sehingga jika satu ekor dari famili Thiaridae terpisah dari yang lain, maka satu ekor family tersebut akan membuat koloni baru dengan cepat. Menurut Gregoric (2007), perkembangbiakan parthenogenesis yang terjadi pada famili Thiaridae dapat menyebabkan famili tersebut memiliki populasi yang melimpah dengan kerapatan yang tinggi di suatu habitat air tawar.

Makrozoobentos yang paling rendah ditemukan yaitu dari kelompok EPT genus *Heptagenia* famili Heptageniidae spesies *Heptagenia sulphurea*. Famili Heptageniidae hanya di temukan di stasiun sisi kanan saja. Hal tersebut dikarenakan pada stasiun sisi kanan terdapat bebatuan serta kecerahan air yang cenderung tinggi. Menurut McCafferty (1983),

Heptagenia merupakan salah satu insekta yang memiliki habitat dipermukaan batu dengan arus yang kuat serta tingkat kecerahan yang tinggi atau tingkat kekeruhan yang rendah sehingga cocok untuk kehidupan filterfeeder. Menurut Oscoz dkk (2011), Heptageniidae ialah famili yang toleran terhadap suhu rendah dan memiliki kebutuhan oksigen yang tinggi. Heptageniidae yaitu salah satu jenis capung *rheophilic* yang memakan ganggang serta mikroorganisme yang dapat dijumpai diatas batu. Sehingga berdasarkan karakteristik tersebut kehadiran famili Heptageniidae dapat digunakan sebagai indikator kualitas perairan yang baik. Identifikasi makrozoobentos baik dari kelompok EPT maupun Non-EPT berdasarkan morfologi dijelaskan sebagai berikut:

a. Famili Heptageniidae

Berdasarkan pengamatan pada saat identifikasi famili Heptageniidae yang diperoleh yaitu genus heptagenia spesies *Heptagenia sulphurea* yang dapat dikenali dengan bentuk tubuh pipih, lebar dan rata dengan dua sampai tiga ekor filament. Kepala yang dimiliki berbetuk subelips atau trapesium dengan mata yang berada pada bagian dorsal serta kaki yang kokoh. Berdasarkan morfologi yang diamati famili Heptageniidae yang ditemukan yaitu genus Heptagenia (Rufusova, dkk., 2017) dan (Haniyyah, 2021). Klasifikasi genus heptagenia spesies *Heptagenia sulphurea* dari sumber Global Biodiversity Information Facility (gbif) sebagai berikut:

dasar atau ditepian perairan, bersembunyi di dasar substrat yang berlempur dan umumnya menyukai perairan berarus tenang. Spesies *Filopaludina javanica* juga biasa disebut dengan keong Tutut serta dapat ditemukan di sawah (Isnainingsih & Listiawan, 2010). Sebagian besar famili Viviparidae memakan ganggang atau tanaman mati (Rusuva, dkk., 2017). Berdasarkan morfologi yang diamati, famili Viviparidae yang ditemukan yaitu spesies *Filopaludina javanica* (Rusova, dkk., 2017) dan (Isnainingsih & Listiawan, 2010). Klasifikasi genus *Filopaludina* spesies *Filopaludina javanica* dari sumber Global Biodiversity Information Facility (gbif) sebagai berikut:

Klasifikasi *Filopaludina javanica* (Busch, 1844):

Kingdom : Animalia

Filum : Mollusca

Kelas : Gastropoda

Ordo : Architaenioglossa

Famili : Viviparidae

Genus : *Filopaludina*

Spesies : *Filopaludina javanica*

dari pada sisi kiri. Pada sisi kiri setiap stasiun ditemukan 5 famili dari kelompok Non-EPT, sedangkan pada sisi kanan ditemukan 6 famili (1 famili dari kelompok EPT dan 5 famili dari kelompok Non-EPT). Famili dari kelompok EPT hanya ditemukan pada sisi kanan dengan jumlah individu yang sedikit. Hal tersebut dapat dikarenakan pengambilan sampel yang dilakukan pada saat musim hujan, sehingga dapat mempengaruhi keberadaan makrozoobentos. Menurut Wiroatmodjo dan Atmowidjojo (1985), pada musim kemarau keberadaan makrozoobentos terutama kelompok EPT lebih banyak ditemukan karena volume air serta kecepatan arus yang rendah. Sedangkan pada musim hujan volume air yang berpotensi menghanyutkan makrozoobentos serta merupakan masa berkembangbiak.

Kelompok EPT yang ditemukan pada penelitian ini lebih sedikit dari pada kelompok Non-EPT dikarenakan penelitian yang dilakukan pada musim hujan. Hujan yang terjadi diduga dapat menghanyutkan bahan pencemar yang ada di permukaan tanah masuk ke dalam sungai, sehingga menimbulkan dampak pada jumlah bahan pencemar yang terkandung dalam sungai (Nurjanah, 2018). Menurut Jerves-Cobo *et al* (2017), kelompok EPT merupakan salah satu kelompok organisme perairan yang hanya dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang bersih dan sehat. Sehingga pencemaran suatu perairan dapat diketahui atau dideteksi apabila kelompok EPT pada suatu perairan menurun serta ditemukan kelompok Non-EPT yang toleran terhadap pencemaran.

Berdasarkan hasil identifikasi makrozoobentos yang telah diperoleh pada penelitian ini, makrozoobentos yang ditemukan di sungai Brantas daerah

Jatigedong, Ploso-Jombang terdiri dari 6 famili yaitu 5 famili dari kelompok non-EPT dan 1 famili dari kelompok EPT dengan jumlah total semua individu sebanyak 1.393 individu. Famili dari kelompok EPT yang ditemukan yaitu famili Heptageniidae dari 1 genus Heptagenia. Sedangkan dari kelompok Non-EPT famili yang ditemukan antara lain famili Palaemonidae dari kelas Crustacea, famili Unnionidae dari kelas Bivalvia dan famili Viviparidae, Thiaridae, Bucciniidae dari kelas Gastropoda. Famili yang paling banyak ditemukan yaitu famili Thiaridae dari kelas Gastropoda. Hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ratih, dkk (2015) yang menemukan kepadatan tertinggi yaitu spesies *Melanooides torulosa* yang termasuk famili Thiaridae dari kelas Gastropoda. Pada suatu perairan apabila tidak ditemukan makrozoobentos dari kelompok EPT, maka dapat diindikasikan bahwa perairan tersebut telah mengalami pencemaran karena kelompok EPT akan berpindah tempat atau mati pada suatu perairan yang mengalami pencemaran. Sedangkan kelompok non-EPT yang toleran terhadap pencemaran akan tetap hidup meskipun pada perairan yang tercemar (Diantari dkk., 2017).

4.2 Analisis Data

4.2.1 Indeks Keanekaragaman

Berdasarkan analisis data, nilai indeks keanekaragaman (H') pada sisi kiri berturut-turut dari stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 1,97; 2,14; 2,29. Sedangkan pada sisi kanan H' berturut-turut dari stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 2,27; 2,24; 1,93. Hasil perhitungan indeks keanekaragaman (H') pada sisi kiri maupun sisi kanan menunjukkan tingkat keanekaragaman rendah-

granifera) 153 individu, famili Buccinidae (spesies *Anentome Helena*) 64 individu, famili Unionidae (spesies *Contradens contradens*) 23 individu.

Pada sisi kiri nilai indeks kenakeragaman (tabel 4.1) paling rendah yaitu 1,97 yang terdapat pada stasiun 1 menunjukkan indeks keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman sedang terjadi karena pada stasiun 1 ditemukan 6 spesies dari 5 famili dengan jumlah individu yang berbeda dengan stasiun 3. Famili yang ditemukan yaitu famili Palaemonidae 97 individu (spesies *Macrobrachium rosenbergii*/udang galah individu 57 dan *Matapenaeus ensis*/udang api-api 40 individu), famili Viviparidae (spesies *Filopaludina javanica*) 14 individu, famili Thiaridae (spesies *Melanoides granifera*) 66 individu, famili Buccinidae (spesies *Anentome Helena*) 38 individu, famili Unionidae (spesies *Contradens contradens*) 10 individu.

Berdasarkan data diatas (Tabel 4.1) dapat diketahui bahwa individu yang paling banyak ditemukan pada stasiun 3 dan stasiun 1 sisi kiri yaitu dari famili Thiaridae sebanyak 153 individu dan 66 individu. Famili Thiaridae banyak ditemukan karena kondisi substrat pada lokasi penelitian yang berlumpur-berpasir cocok untuk kehidupan makrozoobentos khususnya dari famili Thiaridae. Menurut Purwanti et al. (2015), kondisi substrat berupa lempung berpasir sangat cocok bagi kehidupan makrozoobentos yang hidup di perairan khususnya dari kelas gastropoda. Sedangkan pada stasiun 3 sisi kiri spesies yang paling sedikit ditemukan yaitu spesies *Filopaludina javanica* dari famili Viviparidae sebanyak 6 individu (Tabel 4.1). Spesies *Filopaludina javanica* paling sedikit

ditemukan karena dipengaruhi oleh suhu rata-rata 26,94. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mujiono, dkk (2019) yang menyatakan bahwa spesies *Filopaludina javanica* banyak ditemukan pada suhu minimum 29 °C.

Pada stasiun 1 sisi kiri individu yang paling sedikit ditemukan yaitu spesies spesies *Contradens contradens* dari famili Unioniidae sebanyak 10 individu. Spesies *Contradens contradens* paling sedikit ditemukan karena terdapat banyaknya tumbuhan air maupun tumbuhan disekitar bantaran yang menutupi permukaan air sehingga penetrasi cahaya matahari berkurang dan mempengaruhi jumlah plankton yang merupakan sumber makanan bagi kerang. Menurut Bontes *et al.*, (2007), jumlah plankton yang menjadi sumber makanan kerang dapat berkurang karena adanya pencemaran serta tumbuhan air yang menutupi permukaan air sehingga intensitas cahaya menjadi berkurang.

Berdasarkan hasil analisis data pada gambar 4.8 diketahui nilai indeks keanekaragaman terendah dari semua stasiun yaitu 1,93 terdapat pada stasiun 3 sisi kanan yang menunjukkan indeks keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman sedang terjadi karena pada stasiun 3 sisi kanan ditemukan 6 famili yaitu 5 famili dari kelompok Non-EPT dan 1 famili dari kelompok EPT. Kelompok Non-EPT yaitu dari famili Palaemonidae 42 individu (spesies *Macrobrachium rosenbergii*/udang galah 23 individu dan *Matapenaeus ensis*/udang api-api 19 individu), famili Viviparidae (spesies *Filopaludina javanica*) 3 individu, famili Thiaridae (spesies *Melanoides granifera*) 54 individu, famili Buccinidae

(spesies *Anentome Helena*) 13 individu. Sedangkan dari kelompok EPT yaitu dari famili Heptageniidae 2 individu.

Pada sisi kanan nilai indeks keanekaragaman (gambar 4.8) paling tinggi yaitu 2,27 yang terdapat pada stasiun 1 sisi kanan menunjukkan indeks keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman sedang terjadi karena pada stasiun 1 sisi kanan ditemukan 6 famili yaitu 5 famili dari kelompok Non-EPT dan 1 famili dari kelompok EPT. Kelompok Non-EPT yaitu dari famili Palaemonidae 19 individu (spesies *Macrobrachium rosenbergii*/udang galah 14 individu dan *Matapenaeus ensis*/udang api-api 5 individu), famili Viviparidae (spesies *Filopaludina javanica*) 6 individu, famili Thiaridae (spesies *Melanoides granifera*) 58 individu, famili Buccinidae (spesies *Anentome Helena*) 19 individu. Sedangkan dari kelompok EPT yaitu dari famili Heptageniidae 3 individu.

Berdasarkan data diatas (Tabel 4.1) dapat diketahui bahwa kelompok Non-EPT yang paling banyak ditemukan pada stasiun 3 dan stasiun 1 sisi kanan yaitu dari famili Thiaridae sebanyak 54 individu dan 58 individu. Hal tersebut dikarenakan kondisi substrat berlumpur-berpasir yang cocok untuk kehidupan makrozoobentos khususnya dari famili Thiaridae. Menurut Purwanti et al. (2015), kondisi substrat berupa lempung berpasir sangat cocok bagi kehidupan makrozoobentos yang hidup di perairan khususnya dari kelas gastropoda. Selain itu kondisi pada semua stasiun sisi kanan juga terletak dekat dengan pemukiman warga sehingga dapat mempengaruhi keberadaan makrozoobentos. Menurut Rustiasih (2018), suatu perairan apabila terdapat bahan pencemar dari

aktivitas masyarakat maupun aktivitas industri dapat mempengaruhi kehidupan makrozoobentos. Sedangkan pada stasiun 3 dan stasiun 1 sisi kanan spesies yang paling sedikit ditemukan yaitu dari kelompok EPT genus *Heptagenia* dari famili Heptageniidae yaitu sebanyak 2 individu dan 3 individu. Famili Heptageniidae genus *heptagenia* paling sedikit ditemukan karena dipengaruhi oleh kecepatan arus 0,34 m/s dan kecerahan 24,17 yang rendah. Menurut McCafferty (1983), genus *Heptagenia* merupakan salah satu insekta yang sulit hidup apabila kecepatan arus kecil dan kecerahan rendah. Sedangkan pada habitat berbatu dengan kecerahan dan kecepatan yang tinggi *Heptagenia* akan lebih banyak ditemukan.

Nilai indeks keanekaragaman (gambar 4.8) dari semua stasiun di sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang baik sisi kiri maupun sisi kanan yaitu berkisar antara 1,93-2,29 yang menunjukkan indeks keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman sedang menunjukkan bahwa produktifitas organisme cukup baik, tekanan ekologis sedang dan kondisi ekosistem cukup seimbang. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sirait, dkk., (2018) yang memperoleh nilai indeks keanekaragaman sedang yaitu 2,60 menunjukkan bahwa produktivitas dan ekosistem sedang.

Nilai indeks keanekaragaman sedang dikarenakan individu dari setiap spesies yang ditemukan tidak merata atau terdapat spesies yang mendominasi yaitu dari famili Thiaridae sebanyak 649 individu. Pada stasiun sisi kiri diperoleh 1.064 individu dengan didominasi famili Thiaridae 497 individu. Sedangkan pada sisi kanan diperoleh 329 individu

berkisar antara 0,27-0,30 m/s dan pada sisi kanan kecepatan air rata-rata berkisar 0,33-0,37 m/s, derajat keasaman (pH) air sungai pada sisi kiri rata-rata berkisar antara 7,5-7,7 dan pada sisi kanan nilai pH rata-rata berkisar 7,4-7,6, oksigen terlarut (DO) pada sisi kiri rata-rata berkisar antara 5,10-5,81 mg/l dan pada sisi kanan rata-rata berkisar 4,53-5,86 mg/l, suhu pada sisi kiri rata-rata berkisar antara 26,67 - 27,5 °C dan pada sisi kanan rata-rata berkisar 31,23 - 31,59 °C, padatan terlarut (TDS/dissolved solid) pada sisi kiri rata-rata berkisar antara 304-501 ppm dan pada sisi kanan nilai TDS rata-rata berkisar 265-303 ppm.

Kedalaman tertinggi pada stasiun sisi kanan maupun semua stasiun yaitu rata-rata 80 cm pada sisi kanan stasiun 3. Sedangkan kedalaman paling rendah yaitu pada sisi kiri stasiun 3 dengan rata-rata 60 cm. Berdasarkan hasil pengukuran diatas (tabel 4.2) diketahui stasiun paling dangkal yaitu stasiun 3 sisi kiri dengan kedalaman rata-rata 60 cm. Pada stasiun 3 sisi kiri banyak ditemukan makrozoobentos dari famili Thiaridae kelas Gastropoda sebanyak 153 individu (tabel 4.1). Perairan dangkal dapat lebih mendukung kehidupan serta pertumbuhan dari Gastropoda. Selain itu menurut Munarto (2010), jumlah individu Gastropoda dapat dipengaruhi oleh kedalaman suatu perairan dikarenakan kedalaman merupakan salah satu faktor fisika dimana semakin dalam dasar perairan maka jumlah Gastropoda yang hidup didalam perairan akan semakin sedikit. Sedangkan menurut Zulkifli dan Setiawan (2011), jumlah Gastropoda yang berbeda juga dapat disebabkan karena terdapat perubahan kondisi lingkungan.

Pengukuran Kecerahan tertinggi pada semua stasiun yaitu rata-rata 27,15 cm terdapat pada sisi kiri stasiun 3 dengan indeks keanekaragaman tertinggi 2,29. Sedangkan kecerahan terendah pada semua stasiun yaitu rata-rata 24,17 cm terdapat di sisi kanan stasiun 3 dengan indeks keanekaragaman 1,93. Pada suatu perairan apabila tingkat kecerahan semakin tinggi maka akan semakin baik untuk kehidupan organisme perairan (Pramleonita, dkk., 2018; Pingki & Sudarti, 2021). Sedangkan menurut Mushthofa, dkk (2014), suatu perairan dengan tingkat kekeruhan tinggi dan kecerahan rendah maka diduga dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi pada organisme akuatik misalnya sistem pernafasan atau daya lihat. Selain itu kecerahan air juga dapat berpengaruh terhadap cahaya yang masuk kedalam air sehingga dapat mempengaruhi proses fotosintesis tumbuhan air maupun kehidupan makrozoobentos (Juwita, 2017; Ningrum & Kuntjoro, 2022).

Pengukuran kecepatan air sungai brantas di desa Jatigedong tertinggi yaitu pada sisi kanan stasiun 1 dengan kecepatan rata-rata 0,37 m/s. Sedangkan kecepatan terendah yaitu pada sisi kiri stasiun 2 dengan kecepatan rata-rata 0,27 m/s. Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan arus (tabel 4.2) menunjukkan kecepatan arus relatif kencang. Menurut Effendi (2003) dalam Mushthofa, dkk (2014), perairan lotik merupakan perairan yang dicirikan dengan arus yang searah dan relatif kencang. Kecepatan arus pada perairan lotik berkisar antara 0,1 – 1,0 m/s, serta sangat dipengaruhi oleh waktu dan iklim. Selain itu kecepatan arus memiliki peran dalam penyebaran organisme yang ada di dalam air. Menurut

Oktavia (2012), kecepatan arus juga dapat mempengaruhi habitat suatu organisme akuatik seperti udang air tawar.

Pengukuran nilai pH tertinggi pada semua stasiun yaitu 7,7 terdapat pada sisi kiri stasiun 3. Sedangkan pada sisi kiri nilai pH terendah ada pada stasiun 1 dengan nilai pH 7,5. Nilai pH terendah pada semua stasiun yaitu 7,4 terdapat pada sisi kanan stasiun 3. Sedangkan nilai pH tertinggi pada sisi kanan yaitu 7,6 yang terdapat pada stasiun 1. Derajat keasaman (pH) merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kehidupan organisme akuatik (Nurasiah, dkk., 2017). Derajat keasaman (pH) ialah suatu parameter yang dapat digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman larutan. Larutan dengan pH kurang dari 7 memiliki sifat asam sedangkan larutan dengan pH lebih dari 7 memiliki sifat basa (Wibowo dan Ali, 2019). Menurut Silalahi (2009), nilai pH pada suatu perairan dipengaruhi oleh suhu, kandungan oksigen, ion-ion serta aktivitas biologi. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 4.2 baik nilai pH tertinggi maupun terendah menunjukkan nilai pH tergolong baik untuk kehidupan makrozoobentos (Wahyuningsih, dkk., 2022). Selain itu rata-rata makrozoobentos dapat hidup secara optimal pada lingkungan dengan pH sekitar 7,0 – 8,7 (Rachmawaty, 2011). Menurut Rumahlatu & Leiwakabessy (2017), nilai pH dapat mempengaruhi keanekaragaman makrozoobentos dimana semakin tinggi nilai pH maka tingkat keanekaragaman makrozoobentos juga tinggi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan di sungai Brantas daerah Jatigedong-Jombang dimana nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun 3 sisi kiri dengan nilai pH

7,7 (tabel 4.2) serta diperoleh nilai indeks keanekaragaman (H') paling tinggi 2,29 (gambar 4.8).

Pengukuran nilai DO tertinggi pada semua stasiun yaitu 5,86 mg/l terdapat di sisi kanan stasiun 1 dan sisi kiri stasiun 35,81 mg/l. Sedangkan nilai DO terendah pada sisi kiri yaitu 5,10 terdapat pada stasiun 1 dan nilai DO terendah pada sisi kanan yaitu 4,53 terdapat pada stasiun 3. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 4.2 baik nilai DO tertinggi maupun terendah menunjukkan nilai DO tergolong dalam baku mutu air kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 (Hanisa, dkk., 2017). Menurut Muriasih (2012) dalam Yuniarti & Biyatmoko (2019), nilai DO atau kadar oksigen terlarut dalam air sangat tergantung pada temperature, tekanan atmosfer serta kecepatan arus. Sedangkan menurut Simanjuntak (2012), oksigen terlarut (DO) pada perairan berfungsi untuk membantu proses degradasi senyawa organik dalam air. Selain itu DO juga berperan sangat penting untuk mempengaruhi kelangsungan hidup organisme akuatik. Organisme akuatik memerlukan DO untuk melakukan proses metabolisme dalam tubuh (Nurasiah, dkk., 2017).

Pengukuran suhu tertinggi yaitu pada sisi kanan stasiun 1 dengan suhu rata-rata 31,33 °C. Sedangkan suhu terendah yaitu pada sisi kiri stasiun 2 dengan suhu rata-rata 26,67 °C. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 4.2 baik suhu tertinggi maupun terendah menunjukkan kisaran nilai suhu masih tergolong baik untuk kehidupan makrozoobentos maupun biota yang ada di dalam sungai. Menurut Verburge *et al.*, (2012), suhu

maksimum air yang masih tergolong normal di perairan serta tidak membahayakan organisme akuatik yaitu berkisar 24 – 32 °C.

Pengukuran nilai TDS tertinggi yaitu pada sisi kiri stasiun 2 dengan rata-rata 501 ppm. Sedangkan nilai TDS terendah yaitu pada sisi kanan stasiun 1 dengan rata-rata 265 ppm. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 4.2 nilai TDS yang tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan makrozoobentos menjadi terganggu. Menurut Mukhtasor (2007) dalam Pratama (2018), nilai TDS yang tinggi dapat terjadi apabila dalam suatu perairan memiliki tingkat kecerahan yang rendah. Selain itu konsentrasi TDS di suatu perairan dapat meningkat apabila kegiatan manusia, penambangan, pertanian dan lain-lain juga meningkat (Canedo et al., 2016; Olson & Hawkins, 2017). Berdasarkan standart baku mutu air pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 (Tabel 4.3), hasil pengukuran parameter fisika-kimia sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang tergolong dalam kelas II. Air yang tergolong kelas II berarti air baik digunakan untuk prasarana/sarana hiburan air, budidaya ikan air tawar, perternakan dan tanaman. Hal tersebut dapat dilihat dari ekosistem bantaran sungai Brantas yang masih ditumbuhi banyak tanaman. Menurut Pohan, dkk., (2016), suatu perairan apabila mengalami pencemaran maka dapat menyebabkan kualitas air menurun serta mengganggu ekosistem perairan. Perairan yang tergolong kelas II tidak baik atau kurang baik untuk digunakan sebagai sumber air minum, karena yang baik digunakan untuk sumber air minum yaitu air yang tergolong kelas I. Standart baku mutu air ditunjukkan sebagai berikut (Tabel 4.3):

Tabel 4. 3 Baku Mutu Air Sungai

No	Parameter	Satuan	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
1.	Temperatur		Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi 3
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COI)	mg/L	10	25	40	80
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1
9.	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400

(Peraturan Pemerintah Nomer 22 Tahun 2021)

4.2.2 Indeks Keseragaman/Kemerataan (E)

Hasil perhitungan nilai indeks keseragaman/kemerataan (E) pada sisi kiri beturut-turut dari stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 0,73; 0,79; 0,85. Sedangkan pada sisi kanan indeks kemerataan berturut-turut dari stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 0,82; 0,82; 0,70. Berdasarkan hasil perhitungan indeks kemerataan tertinggi terdapat pada stasiun 3 sisi kiri yaitu 0,85. Sedangkan indeks kemerataan terendah terdapat pada sisi kanan stasiun 3 yaitu 0,70. Nilai indeks kemerataan baik dari sisi kiri maupun sisi kanan menunjukkan indeks kemerataan/keseragaman tinggi. Menurut Odum (1993) dalam

terendah pada sisi kiri yaitu 0,73 terdapat pada stasiun 1. Nilai indeks pemerataan rendah pada stasiun 1 sisi kiri dikarenakan jumlah individu yang ditemukan yaitu 225 individu dengan didominasi oleh famili Thiaridae 66 individu.

Nilai indeks pemerataan yang tinggi pada sungai Brantas desa Jatigedong, Ploso-Jombang menandakan bahwa biota-biota khususnya makrozoobentos yang berada di sungai merata dan toleran terhadap bahan pencemar yang masuk ke air. Apabila suatu komunitas biota yang tidak cukup toleran terhadap bahan pencemar yang masuk ke sungai maka dapat menyebabkan komunitas makrozoobentos dari kelompok EPT berpindah ke wilayah yang sedikit bahan pencemar. Sedangkan makrozoobentos dari kelompok Non-EPT akan tetap berada pada wilayah meskipun terdapat bahan pencemar karena kelompok Non-EPT dapat mentoleransi bahan pencemar yang masuk ke sungai (Fachrul, 2018).

Makrozoobentos dapat berpindah tempat sesuai dengan sifat toleran yang dimiliki terhadap bahan pencemar. Berdasarkan sifat toleransi terhadap jenis bahan pencemar makrozoobentos dibedakan menjadi 3 jenis yaitu bentos intoleran, bentos toleran, dan bentos fakultatif. Bentos intoleran ialah bentos yang hanya dapat hidup pada wilayah perairan yang belum tercemar atau tercemar ringan karena toleransi yang dimiliki rendah terhadap bahan pencemar yang masuk ke dalam air. Sedangkan bentos toleran merupakan bentos yang pada dasarnya dapat hidup pada perairan yang tercemar berat dengan kepadatan yang tinggi karena memiliki daya toleran yang tinggi terhadap bahan pencemar. Bentos fakultatif ialah

bentos yang mampu hidup dengan daya toleran sedang terhadap bahan pencemar, sehingga bentos dapat hidup dan berkembang pada kondisi yang tercemar sedang-berat Menurut Fachrul (2018) dalam Ramadini (2019).

Nilai indeks keseragaman (gambar 4.9) dari semua stasiun di sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang baik sisi kiri maupun sisi kanan yaitu berkisar antara 0,70-0,85 yang menunjukkan indeks keseragaman tinggi. Nilai indeks keseragaman tinggi menunjukkan bahwa indeks keseragaman stabil karena tidak ada jenis yang mendominasi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Alwi, dkk., (2020) yang memperoleh nilai indeks keseragaman tinggi yaitu rata-rata 0,89-0,92 menunjukkan bahwa keseragaman stabil karena tidak ada spesies yang mendominasi.

4.2.3 Indeks Dominansi (C)

Hasil perhitungan indeks dominansi (*C*) pada sisi kiri beturut-turut dari stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 0,13; 0,15; 0,13. Sedangkan pada sisi kanan indeks dominansi berturut-turut dari stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 0,13; 0,14; 0,16. Berdasarkan hasil perhitungan indeks dominansi pada sisi kiri maupun sisi kanan menunjukkan tingkat dominansi rendah. Menurut Simpson (1949) dalam Odum (1993) dalam Ulum, dkk (2012), kriteria indeks dominansi yaitu $0 < C < 0,5$ menunjukkan tidak ada jenis yang mendominasi, $0,5 > C > 1$ menunjukkan terdapat jenis yang mendominasi.

Indeks dominansi tertinggi pada sisi kanan stasiun 3 yaitu 0,16. Sedangkan nilai indeks dominansi terendah yaitu 0,13 terdapat pada sisi

dominansi 0,16; 0,15 dan 0,13 menunjukkan indeks dominansi yang tergolong rendah.

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa bahwa makrozoobentos yang banyak ditemukan atau mendominasi sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang yaitu famili Thiaridae dari kelas gastropoda. Kelas gastropoda banyak ditemukan karena wilayah sungai Brantas daerah Jatigedong memiliki tipe substrat yang berlumpur, sehingga cocok untuk hewan gastropoda sebagai tempat hidup. Menurut Odum (1993) dalam Ulfah, dkk (2012), substrat lumpur-berpasir merupakan penyusun utama suatu sedimen yang penting untuk perkembangan makrozoobentos dimana substrat berpasir memudahkan hewan bentos untuk bergerak dan berpindah/bergeser ke tempat lain. Sedangkan substrat berlumpur mengandung sedikit oksigen sehingga organisme yang hidup harus dapat beradaptasi.

Makrozoobentos khususnya dari kelas gastropoda merupakan hewan yang tergolong ke dalam jenis makrozoobentos yang toleran terhadap bahan pencemar. Kelas gastropoda yang paling banyak ditemukan pada semua stasiun baik sisi kiri maupun sisi kanan yaitu famili dari Thiaridae sebanyak 649 individu dan yang paling sedikit ditemukan yaitu dari famili Viviparidae sebanyak 40 individu. Menurut Faminella dan Flynn (1999), hewan berdasarkan kepekaan terhadap bahan pencemar dikelompokkan menjadi 3 yaitu kelompok intoleran yang terdiri dari famili Ephemeroptera, Plecoptera dan Tricoptera. Kelompok toleran yang terdiri dari famili Simuliidae, Chironomidae, Tanyponidae, Hirinidae,

Gastropoda, dan Turbellaria. Kelompok Fakultatif yang terdiri dari Ordo Coleoptera, Odonata dan Amphipoda Pelecypoda.

Suatu komunitas makrozoobentos dapat mendominasi apabila makrozoobentos dapat resisten terhadap suatu bahan yang berbahaya seperti bahan pencemar. Makrozoobentos digunakan dalam indikator biologi karena makrozoobentos memiliki sifat yang sangat peka terhadap perubahan kondisi lingkungan yang ditempati. Apabila suatu wilayah mendapat tekanan ekologis yang berasal dari aktifitas manusia seperti limbah pencemar, maka makrozoobentos yang memiliki sifat toleran terhadap limbah pencemar akan dapat bertahan hidup dan dapat berkembangbiak terus menerus. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Muhammad Ridwan, dkk (2016), dimana nilai indeks dominasi diperoleh 0,149 – 0,457 yang menunjukkan indeks dominasi sedang serta menunjukkan bahwa setiap jenis bentos memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk beradaptasi terhadap jenis bahan pencemar. Peristiwa dominansi terjadi karena faktor kecocokan suatu spesies terhadap kondisi lingkungan sehingga dapat memberikan dampak yang positif bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan dari spesies itu sendiri.

Nilai indeks dominasi (gambar 4.10) dari semua stasiun di sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang baik sisi kiri maupun sisi kanan yaitu berkisar antara 0,13-0,16 yang menunjukkan indeks dominasi rendah. Nilai indeks dominasi rendah menunjukkan bahwa secara keseluruhan tidak ada spesies yang mendominasi pada penelitian ini. Hal

terpolusi beberapa bahan pencemar. Pada stasiun 3 sisi kanan makrozoobentos yang ditemukan dengan jumlah paling banyak dibanding famili yang lain yaitu dari famili Thiaridae 54 dan famili Palamonidae 42 individu. Famili Thiaridae dan Palaemonidae memiliki skor atau nilai toleransi 4 dan 6 yang berarti tahan terhadap pencemaran. Menurut Stevi Mardiani M. M (2012), menyatakan bahwa famili Thiridae merupakan kelompok makrozoobentos yang tahan terhadap bahan pencemar. Sedangkan pada sisi kanan nilai FBI paling rendah yaitu 3,78 terdapat di stasiun 2 menunjukkan kualitas air tergolong sangat baik. Pada stasiun 2 sisi kanan makrozoobentos yang ditemukan dengan jumlah paling banyak dibanding famili yang lain yaitu famili Thiaridae 58 individu.

Berdasarkan hasil analisis nilai *family biotic indeks* (FBI) pada tabel 4.3 diketahui bahwa nilai FBI terendah dari semua stasiun yaitu 3,76 terdapat pada sisi kiri stasiun 2 yang menunjukkan kualitas air tergolong sangat baik. Pada stasiun 2 sisi kiri makrozoobentos yang ditemukan dengan jumlah paling banyak dibanding famili yang lain yaitu dari famili Thiaridae 278 individu. Sedangkan pada sisi kiri nilai FBI paling tinggi yaitu 4,43 terdapat di stasiun 1 menunjukkan kualitas air tergolong baik. Pada stasiun 1 sisi kiri makrozoobentos yang ditemukan dengan jumlah paling banyak dibanding famili yang lain yaitu famili Thiaridae 66 individu.

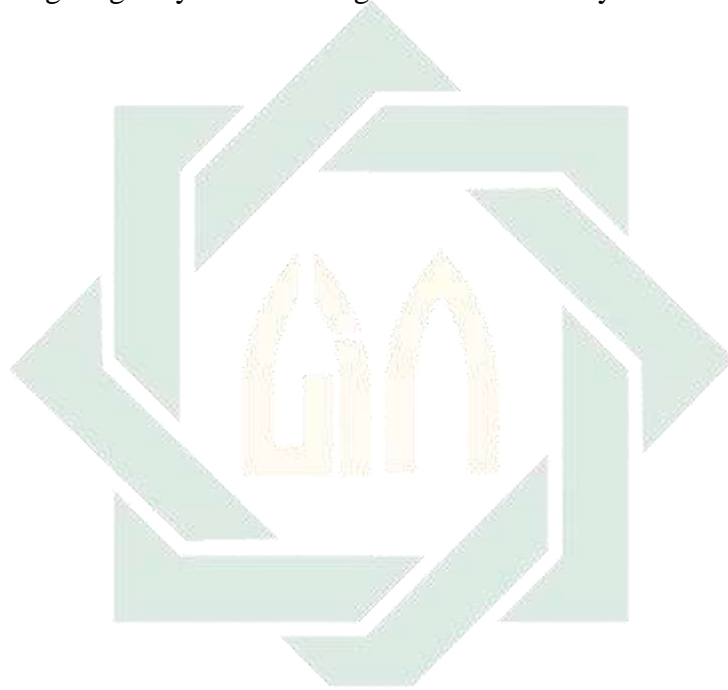
Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan makrozoobentos sebagai bioindikator diketahui masing-masing stasiun baik sisi kiri maupun sisi kanan ditemukan famili yang toleran dengan kondisi perairan. Pada penelitian ini famili yang paling banyak ditemukan yaitu famili Thiaridae.

Famili Thiaridae dari Ordo Gastropoda memiliki nilai toleransi yang baik dengan kondisi perairan mulai dari yang tercemar ringan sampai tercemar berat. Sedangkan famili Heptagenidae yaitu famili yang paling sedikit ditemukan dan hanya ditemukan di stasiun sisi kanan. Famili Heptagenidae merupakan salah satu famili dari Ordo Ephemeroptera.

Famili yang ditemukan pada semua stasiun dan mendominasi yaitu famili Thiaridae karena termasuk makrozoobentos yang tahan terhadap pencemaran. Hal tersebut didukung dengan hasil penelitian Joko Widiyanto dan Ani Sulistayarsi (2014) menyatakan bahwa makrozoobentos yang tahan terhadap pencemaran yaitu famili Thiaridae dari ordo Gastropoda sedangkan famili Ephemirilidae dan Perlidae tidak banyak ditemukan karena memiliki nilai toleransi 1 yang berarti sensitif atau tidak toleran terhadap perairan yang mengalami pencemaran.

Pengukuran nilai FBI mampu menilai kualitas air sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang yang dibagi menjadi 6 stasiun yaitu 3 stasiun sisi kiri dan 3 stasiun sisi kanan. Hasil perhitungan FBI (tabel 4.3) pada sisi kiri rata-rata 3,76 – 4,43 dan pada sisi kanan rata-rata 3,78 – 4,47. Nilai FBI paling tinggi 4,47 ada pada stasiun 3 sisi kanan, karena stasiun ini berada dekat dengan pemukiman. Berdasarkan hasil nilai FBI yang diperoleh menunjukkan kualitas air baik atau terpolusi beberapa bahan pencemar. Hal tersebut sesuai dengan nilai FBI yang diperoleh pada penelitian Rachman, dkk (2016) yang diperoleh nilai FBI mulai dari 3,96-5,02 menunjukkan kualitas air tergolong sedang, baik dan sangat baik. Kualitas air sedang yaitu

Tafsir Quraish Shihab pada Al-Qur'an surah Al-An'am ayat 38 memperkuat penjelasan bahwa Allah telah menciptakan berbagai macam makhluk yang saling berdampingan dan saling melindungi alam. Makhluk hidup seperti binatang yang keberadaannya berperan sebagai penanda atau bioindikator kesehatan lingkungan yaitu binatang air salah satunya makrozoobentos.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian di sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang dapat disimpulkan bahwa:

- a. Hasil identifikasi makrozoobentos diperoleh 1.393 individu dari 6 famili (1 famili dari kelompok EPT dan 5 famili dari kelompok Non-EPT). Famili dari kelompok EPT yang ditemukan yaitu spesies *Heptagenia sulphurea* dengan genus *Heptagenia* dari famili Heptageniidae. Sedangkan dari kelompok Non-EPT famili yang ditemukan antara lain spesies *Macrobrachium rosenbergii* dengan genus *Macrobrachium* dan spesies *Metapenaeus ensis* dengan genus *Metapenaeus* dari famili Palaemonidae kelas Crustacea, spesies *Conradens Conradens* dengan genus *Conradens* dari famili Unnionidae kelas Bivalvia dan spesies *Filopaludina javanica* dengan genus *Filopaludina* dari famili Viviparidae, spesies *Melanoides granifera* dengan genus *Melanoides* dari famili Thiaridae, dan spesies *Anentome Helena* dengan genus *Anentome* dari family Bucciniidae kelas Gastropoda.
- b. Nilai indeks keanekaragaman (H') tertinggi 2,29 terdapat pada stasiun 3 sisi kiri dan nilai indeks keanekaragaman terendah 1,93 terdapat pada sisi kanan stasiun 3 yang menunjukkan keanekaragaman sedang. Nilai indeks keseragaman/kemerataan (E) tertinggi terdapat pada stasiun 3 sisi kiri 0,85 dan indeks kemerataan terendah terdapat pada sisi kanan stasiun 3 yaitu 0,70 yang menunjukan indeks kemerataan/keseragaman tinggi. Sedangkan

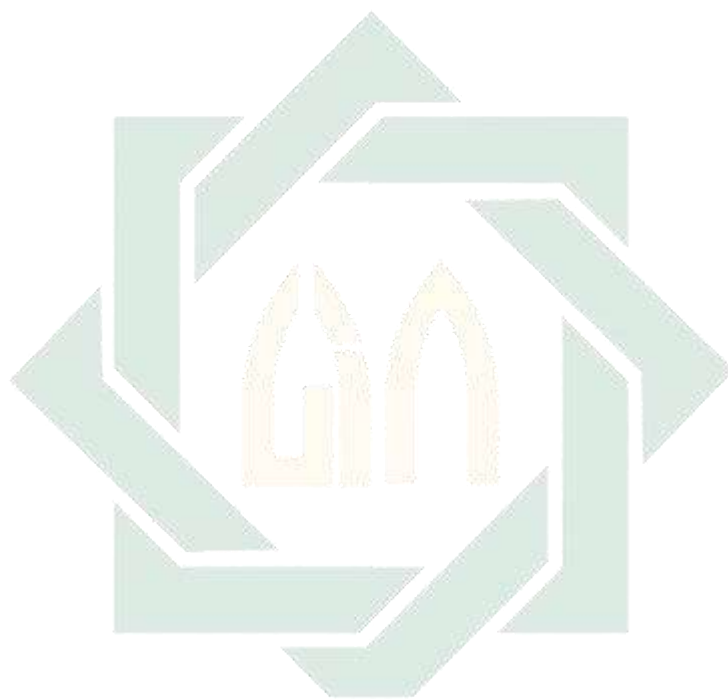
nilai indeks dominansi (C) tertinggi 0,16 terdapat pada sisi kanan stasiun 3 dan nilai indeks dominansi terendah 0,13 terdapat pada stasiun 1 dan 2 sisi kiri serta stasiun 1 sisi kanan yang menunjukkan dominansi rendah.

- c. Kondisi kualitas air sungai Brantas daerah Jatigedong, Ploso-Jombang berdasarkan nilai *family biotik indeks* (FBI) pada sisi kiri beturut-turut dari stasiun 1, 2, 3 yaitu 4,43; 3,76 dan 3,79. Pada sisi kanan rata-rata *family biotik indeks* (FBI) berturut-turut dari stasiun 1, 2, 3 yaitu 4,00; 3,78 dan 4,47. Nilai FBI tertinggi 4,47 terdapat pada stasiun 3 sisi kanan dan nilai FBI terendah 3,76 terdapat pada stasiun 2 sisi kiri. Nilai FBI pada semua stasiun menunjukkan kualitas air sangat baik atau sedikit terpolusi bahan organik. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika-kimia kondisi perairan masih baik untuk kehidupan makrozoobentos dan sesuai dengan baku mutu air kelas II.

5.2 Saran

- a. Peneliti selanjutnya diharapkan melakukan penelitian pada musim yang berbeda agar dapat diketahui perkembangan dan perbandingan antar musim dengan menggunakan parameter fisika-kimia yang lebih lengkap seperti menggunakan parameter BOD, COD, TSS dan sebagainya.
- b. Mengingat kondisi kualitas air sungai Brantas di desa Jatigedong, Ploso-Jombang berdasarkan parameter fisika-kimia menunjukkan kualitas air tergolong kelas II dan berdasarkan famili biotik indeks (FBI) menunjukkan kualitas air tergolong sangat baik atau terpolusi sedikit

bahan organik, maka perlu dilakukan pemantauan yang rutin dari instansi terkait



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

- Dakhova, O. O., Khuchunaev, B. M., Kerefova, Z. M., Uzdenova, A. B., Gergokova, Z. Z., Gedueva, M. M., Cherkesov, A. A., & Georkova, A. Z. 2021. Assessment of the ecological state of surface waters (using the Baksan River as an example). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 867(1): 1–6.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press. Hal: 89.
- Dimenta, R. H., R. Agustina. R. Machrizal, Khairul. 2020. Kualitas Sungai Bilah Berdasarkan Biodiversitas Fitoplankton Kabupaten Labuhanbatu, Sumatera Utara, *Jurnal Ilmu dan Lingkungan*, vol. 11, pp. 24-33.
- Effendi, H., 2003, Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta
- Elfidasari, D. N., Noriko, Y., Effendi, R. L. 2015. Puspitasari. Kualitas Air Situ Lebak Wangi Bogor Berdasarkan Analisa Fisika, Kimia, dan Biologi, *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sain dan Teknologi*, vol. 3, pp. 105-112.
- Fadilah, S. N. 2017. Profil Reproduksi Ikan Sungai Logawa Wilayah Kabupaten Banyumas, *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- Fahlevi, M. M., Mahrudin, N. H. Utami. 2021. Keragaman Udang di Wilayah Sungai Pasang Surut, *Jurnal BIOMA*, vol. 3 (2), pp. 1-12
- Firdhausi N. F., M. Rijal, H. Y. Husen., 2018. Kajian Ekologis Sungai Arbes Ambon Maluku, *Jurnal Biologi Science & Education*, vol. 7, pp. 13-22.
- Goldman, R. C. and A. J. Home., 1983. *Lymnology*, Mc Graw Hill International Book Company.
- Gregoric DEG, V. Nunez, NS. Ferrando, and A. Rumi, 2007, First Record of Invasive Snail *Melanooides tuberculatus* (Muller) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiariade) from the Iguazu River Basin, Argentina-Brasil. *Comunicaciones de la Sociedad Malacologica del Uruguay*, 9(90): 109 112
- Handayani, D. 2009. *Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton di Perairan Pasang Surut Tambak Blanakan Subang*, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Hal: 17.

- Haniyyah, H. A. 2021. Keanekaragaman Makrozoobentos Di Kali Jarak Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang
- Hartanto, B. 2018. Menganalisa Kualitas Perairan Melalui Kandungan Karbonat Pada Sedimen Dasar Muara Sungai Serang Kulonprogo. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*. 16(2): 98–118.
- Hilsenhoff, W.L, 1998. An Improved biotic Index of Organic stream pollution, The Great lakes., *Entomologist*, vol. 20, pp. 31-33.
- Hynes, H., B. N., 1976. *The Ecology With Of Running Water*, Liverpool University Press, England.
- Indarmawan, T. & Manan. A., 2011. Pemantauan Lingkungan Estuaria Perancak Berdasarkan Sebaran Makrozoobentos, *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, vol. 3, pp. 215-220.
- Isnainingsi, N.R., N. Marwoto, Alfiah, R. Prihandini dan P.H., Santoso, 2021, Studi Morfologi, Ontogeni, dan Strategi Reproduksi pada *Melanoides Tuberculate* (Muller, 1774) dan *Stenomelania punctate* (Lamarck, 1882) (Gastropoda: Cerithioidae: Thiaridae), *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*
- Jati, W. N. 2003. Studi Komparasi Keanekaragaman Bentos di Waduk Smpor, Waduk Kedungombo, dan Waduk Gajah Mungkur Jawa Tengah, *Skripsi*, Fakultas Biologi Universitas Atmaja, Yogyakarta.
- Junaidi, F. F., 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan Pulau Kemaro), *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, pp. 542-552.
- Juwita, R., 2012, Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Sebukhas di Desa Bumi Agung Kecamatan Belalu Lampung Barati. *Skripsi*. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung; Ningrum, N. C., S. Kuntjoro, 2022, Kualitas Perairan Sungai Brangkal Mojokerto Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos, *LenteraBio*, 11(1): 71-79
- Juwita, R., 2017. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator

- Kualitas Perairan Sungai Sebukhas Di Desa Bumi Agung Kecamatan Belalalu Lampung Barat, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Kahirun, K., Surya, R. A., Yasin, A., & Ifrianty, I., 2019. Indikator Kualitas Air Sungai Dengan Menggunakan Makroinvertebrata di Sungai Wanggu, *Jurnal Ecogreen*, vol. 5, pp. 63-67.
- Khusna, A., 2017. Studi Kualitas Air Sungai Sudimoro Di Mojokerto Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Sumber Belajar Biologi, *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Krebs. C.J., 1999. *Ecological Methodology*, Mintolo Park, California (US):Benjamin/Cummings.
- Kumalasari, D. A. T. R., Soeprobowati. S. P. P., 2015. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton di Telaga Menjer, *Jurnal Biologi*, vol. 4, pp. 53-61.
- Lain, M. J. 2017 Identifikasi Amphipoda Di Bak Pemeliharaan Abalon Di Balai Perikanan Budidaya Laut Lombok. *Jurnal Universitas Atma Jaya Yogyakarta*
- Lamarck, J. B. P. A. de M. de., 1882, *Historie Naturella des Animaux san vertebrs*. Tome sixime, 2me partie. Paris:232 pp
- Laraswati, Y., Soenardjo, N., & Setyati, W. A., 2020, Komposisi dan Kelimpahan Gastropoda pada Ekosistem Mangrove di Desa Tireman, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(1): 41-48
- Machrizal, R., Khairul, dan Dimenta, R. H. 2020. Keanekaragaman Makrozoobentos pada Ekosistem Lamun di Perairan Natal Sumatera Utara. *Fisheries Journal*. 3(1), 56–67.
- Mahida, U. N., 1993, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Edisi Keempat, Jakarta: PT. Rajawali Grafindo, Hal. 89.
- Maknuun, L. L. I., M. Krisanti. Y. Wardianto. 2021. Sensitivitas dan Kelayakan Indeks Biotik Menggunaka Makroaverbrata untuk Menentukan Status Kesehatan Sungai, *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, vol. 26, pp. 151-158.

- Mandaville, S. M. 2002. *Benthic Macroinvertebrates in Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols*.
- Mardiani, S., 2011, Studi Kualitas Air Sungai Bone Dengan Metode Biomonitoring, *Skripsi*, Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan, Universitas Negeri Gorontalo
- Marhendra, A. P. W., dan A. Soewondo, 2012, Dinamika Aktivitas Maturation Promoting Factor (MPF) pada Osit Ikan Mas Setelah Aktivitas Secara Artifisial, *Veterinaria Medika*, 5(3): 201-206
- Mc.Cafferty, W. P. 1983. *Aquatic Entomology*. Boston: Jones & Bartlett Publishers, inc.
- Meisaroh, Y., I. W. Restu., D. A. A. Pebriani. 2019. Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Pantai Serangan Provinsi Bali, *Jurnal of Marine and Aquatic Sciences*, vol. 5, pp. 36-43.
- Mujiman, A., R. Suyanto., 2003. *Budidaya Udang Windu*. Jakarta: Penebar Swadya
- Mujiono, N., Afriansyah, A. K.S. Putera, T. Atmowidi, W. Priawandiputra, 2019, Keanekaragaman dan Komposisi Kerang Air Tawar (Mollusca: Gastropoda) di Beberapa Situ Kabupaten Bogor dan Kabupaten Sukabumi LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia, 2692): 65-76
- Munarto, 2010, Studi Komunitas Gastropoda di Situ Salam Kampus Universitas Indonesia Depok, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia.
- Mushthofa, A., M. R. Muskananfolo, S. Rudiyantri, 2014, Analisis Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak, *Diponegoro Journal Of Maquares*, 391): 81-88
- Ngabekti, S., 2004. *Limnologi*, Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ningrum, N. C., S. Kunjtoro. 2022. Kualitas Perairan Sungai Brangkal Mojokerto Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos, *LenteraBio*, vol. 11, pp. 71-79.
- Nurasiah, B. Hariyadi, W. D. Kartika, 2017, Keanekaragaman Udang Air Tawar di Sungai Tabir Kecamatan Tabir Kabupaten Merangin, Pendidikan

- Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*. 1(1): 134–145.
- Rumahlatu, D., dan Leiwakabessy, F., 2017, Biodiversity of Gastropoda in the Coastel Waters of Ambon Island, Indonesia, AACL. *Bioflux*, 10(2): 285–296
- Russo, D., Salinas-ramos, V. B., Ancillotto, L., Cistrone, L., Smeraldo, S., dan Bosso, L. 2021. Do We Need to Use Bats as Bioindicators ? *Biology* 10(8): 1–15.
- Rustiasih, E. I. W. Arthana dan A. H. W. Sari. 2018. Keanekaragaman dan Kelimpahan Makroinvertebrata sebagai Biomonitoring Kualitas Perairan Tukad Bandung, Bali, *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1): 16-23
- Rufusova, A., Beracko P., Bulankova E., 2017. *Benthic Invertebrates And Their Habitats*. Publisher: Comenius University in Bratislava
- Setiawan, D. 2009. Studi Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Hilir Sungai Lematang Sekitar Daerah Pasar Bawah Kabupaten Lahat, *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 9, pp. 57-65.
- Setyobudiandi, I., 1997, *Makrozoobentos*, Bogor: Institut Pertanian Bogor, pp. 45.
- Sirait, M., F. Rahmatia, Pattulloh. 2018. Komparisi Indeks Keanekaragaman Dan Indeks Dominansi Fitoplankton Di Sungai Ciliwung Jakarta. *Jurnal Kelautan*, 11(1): 75-79
- Sitorus, M. 2009. Hubungan Nilai Produktivitas Primer Dngan Konsentrasi Klorofil a dan Faktor Fisik Kimia Di Perairan Danau Toba, Balige, Sumatera Utara, *Tesis*, Program Studi Biologi. Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Sudarja, Y., 1987, Komposisi Kelimpahan dan Penyebaran Mangrove dari Hulu ke Hilir Berdasarkan Gradien Kedalaman di Situ Lentik, Dermaga, Kab Bogor, Karya Ilmiah, Fakultas Perikanan, *Skripsi*, Institut Perikanan Bogor
- Sudarso, Y., 2009. *Potensi Larva Trichoptera Sbagai Bioindikator Akuatik*, LIPI: Pusat Penelitian Limnology.
- Sugiyono, 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*, Bandung: ALFABETA.

- Sumenge, V. 2008. Penentuan Kualitas Air Sungai Sndangan Kakas Dengan Bioindikator Keanekaragaman Serangga Air, *Skripsi*, Universitas Samratulangi, Manado.
- Supriyanto, C. D., 2007. Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu, Dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)”, tersedia:
<http://jurnal.stnbatan.ac.id/wpcontent/uploads/2008/06/13-supriyanto-hal-147-152.pdf>, diakses pada tanggal 13 November 2022.
- Susantono. 2009..*Buku Status Lingkungan Hidup*, Bogor: Bogor.
- Sutaji, 2011. *Studi Keanekaragaman Zooplankton Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Ranu Pani dan Ranu Regulo Taman Nasional Bromo Tengger Semeru*, Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Taqwa, R. N., M. R. Muskananfola, Ruswahyuni, 2014, Studi Hubungan Substrat Dasar dan Kandungan Bahan Organik dalam Sedimen dengan Kelimpahan Hewan Makrobenthos di Muara Sungai Sayung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maqueares*, 3(1): 125-133
- Tjokrokusumo, S. W. 2008. Pengaruh Sedimentasi dan Turbidity Pada Jejaring Makanan Ekosistem Air Mengalir (LOTIK). *Jurnal Hidrosfir Indonesia*. 3(3): 137–148.
- Umam, K., dan Eti, W., 2022, Keanekaragaman Gastropoda di Sungai Logawa Banyumas, *Jurnal Pendidikan Biologi*, vol.5(1):81-94
- Wardhana, W. *Dampak Pencemaran Perairan*, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2004.
- Wibowo, R. S., & M. Ali. 2019. Alat Pengukur Warna Dari Tabel Indikator Universal PH Yang Diperbesar Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Edukasi Elektro*, 3(2):99-109
- Widiyanto, J., & A. Sulistayarsi, 2014, Biomonitoring Kualitas Air Sungai Madiun dengan Bioindikator Makroinvertebrata, *Jurnal Matematika dan Sains (JEMS)*, 2(2)
- Wijayanti, D. A., C. A. Z. Susanto, AB. Chandra, M. Zainuri. 2021, Identifikasi Mikroplastik Pada Sedimen dan Bivalvia Sungai Brantas. *Environmental Pollution Journal*. 1(2): 101-109

- Wilhm, J. L., 1975. *Biological Indikator of Polution.*, River ecology. Studies in ecology 2.
- Wiroatmodjo, S. & A. H. Atmowidjojo, 1985, Komunitas Serangga Air di Sungai Hutan Keteambe, Taman Nasional Gunung Leuser, Aceh. *Jurnal Ilmu Ilmu Hayati*, 3(3)
- Zuliyanti, R. Anggela. W. Cahyaningrum. 2022. Analisis Pemanfaatan Air Sungai Bagi Rumah Tangga di Bantaran Sungai Melawi Desa Sungai Ana Kabupaten Sintang, *Jurnal Pendidikan Geografi dan Peristiwa*, vol. 2, pp. 35-51.
- Zulkifli, H dan Setiawan, D., 2011, Struktur dan Fungsi Komunitas Makrozoobentos di Perairan Sungai Musi Kawasan Pulokerto sebagai Instrumen Biomonitoring. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(1): 95-99



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A