

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI HULU SUNGAI SAMPEAN
KECAMATAN MAESAN KABUPATEN BONDOWOSO**

TESIS

Oleh :

**Miftahul Afifatur
NIM. 210602210010**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI HULU SUNGAI SAMPEAN
KECAMATAN MAESAN KABUPATEN BONDOWOSO**

TESIS

**Oleh :
MIFTAHUL AFIFATUR
NIM. 210602210010**

**diajukan Kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Magister Sains (M.Si)**

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

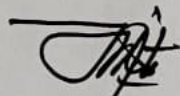
KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI HULU SUNGAI SAMPEAN
KECAMATAN MAESAN KABUPATEN BONDOWOSO

TESIS

Oleh :
Miftahul Afifatur
NIM. 210602210010

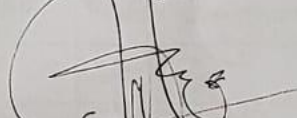
telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal : 13 April 2023

Pembimbing I



Dr. Dwi Supheriyanto, M.P.
NIP. 19740325200312 1 001

Pembimbing II



Dr. Kiptiyah, M.Si
NIP. 19731005200212 2 003



Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Biologi

Prof. Dr. H. Basmatul Muchtaromah, M.Si
NIP. 19710916200003 2 001

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI HULU SUNGAI SAMPEAN
KECAMATAN MAESAN KABUPATEN BONDOWOSO**

TESIS

**Oleh:
MIFTAHUL AFIFATUR
NIM. 210602210010**

**telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Tesis dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si)
Tanggal : ..13 April 2023..**

Penguji Utama	Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd. NIP. 196301141999031001	
Ketua Penguji	Dr. Agus Mulyono, M.Kes. NIP. 197508081999031003	
Sekretaris Penguji	Dr. Dwi Suheriyanto, M.P. NIP. 197403252003121001	
Anggota Penguji	Dr. Kiptiyah, M.Si. NIP. 197310052002122003	

Mengesahkan,

**Ketua Program Studi Magister Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**



**Prof. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si
NIP.197109192000032001**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Miftahul Afifatur

NIM : 210602210010

Program Studi : Magister Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator
Kualitas Air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan
Kabupaten Bondowoso

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, dan/atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan/atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang,^{Mai}.....2023

Yang membuat pernyataan,



Miftahul Afifatur

NIM. 210602210010

HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

MOTTO

**Jika bukan kita, siapa lagi ?
Jika tidak sekarang, kapan lagi ?**

KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI HULU SUNGAI SAMPEAN KECAMATAN MAESAN KABUPATEN BONDOWOSO

Miftahul Afifatur, Dwi Suheriyanto, Kiptiyah

Program Studi Magister Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam
Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Makrozoobentos adalah organisme akuatik yang menetap di dasar perairan, memiliki karakter sesil, serta membuat lubang di dasar perairan sehingga siklus hidupnya sebagian besar atau bahkan seluruhnya berada pada dasar perairan. Keanekaragaman makrozoobentos dapat merepresentasikan tingkat stabilitas dari suatu lingkungan. Makrozoobentos berperan sebagai bioindikator kualitas air. Pengamatan Keanekaragaman Makrozoobentos dilaksanakan di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui Keanekaragaman Makrozoobentos yang dapat menunjukkan stabilitas lingkungan dan perannya sebagai bioindikator di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso. Penelitian ini termasuk penelitian eksplorasi dan menggunakan metode *Purposive Sampling* berdasarkan studi pendahuluan. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis komunitas meliputi Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener, Indeks Dominansi Simpson, Indeks Evenness, Indeks Margalef, Analisis Korelasi CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) menggunakan aplikasi PAST 4.03, Indeks Biotik BMWP-ASPT, dan Analisis R. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis komunitas menggunakan empat indeks menghasilkan nilai yang berbeda. Indeks BMWP-ASPT menunjukkan kualitas air baik. Nilai parameter fisika-kimia secara keseluruhan dapat mendukung kehidupan makrozoobentos. Analisis CCA menunjukkan bahwa setiap parameter memiliki kaitan dengan genus tertentu, dan setiap karakteristik stasiun penelitian memiliki hubungan terhadap keberadaan genus makrozoobentos. Analisis R menunjukkan genus *Baetis* berpotensi sebagai bioindikator.

Kata kunci : Bioindikator, Keanekaragaman, Makrozoobentos, Sungai Sampean

**MACROZOOBENTOS DIVERSITY AS A BIOINDICATOR OF WATER
QUALITY IN THE UPSTREAM OF SAMPEAN RIVER, MAESAN
DISTRICT, BONDOWOSO REGENCY**

Miftahul Afifatur, Dwi Suheriyanto, Kiptiyah

Biology Masters Study Program, Faculty of Science and Technology, State
Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Macrozoobenthos are aquatic organisms that live on the bottom of the waters, have a sessile character, and make holes in the bottom of the waters so that their life cycle is mostly or even entirely on the bottom of the waters. Macrozoobenthos diversity can represent the level of stability of an environment. Macrozoobenthos acts as a water quality bioindicator. Observation of Macrozoobenthos Diversity was carried out in the Upper Sampean River, Maesan District, Bondowoso Regency which was widely used by the surrounding community. The purpose of this study was to determine the macrozoobenthos diversity which can indicate environmental stability and its role as a bioindicator in the Upper Sampean River, Maesan District, Bondowoso Regency. This research is exploratory research and uses a purposive sampling method based on preliminary studies. Data analysis used in this study was community analysis including the Shannon Wiener Diversity Index, Simpson Dominance Index, Evenness Index, Margalef Index, CCA Correlation Analysis (Canonical Correspondence Analysis) using the PAST 4.03 application, BMWP-ASPT Biotic Index, and R Analysis. Results research shows that community analysis using the four indices produces different values. The BMWP-ASPT index shows good water quality. Overall physico-chemical parameter values can support macrozoobenthos life. CCA analysis showed that each parameter was related to a particular genus, and each characteristic of the research station had a relationship to the existence of the macrozoobenthos genus. R analysis showed the genus Baetis as a potential bioindicator.

Keywords : Bioindicator, Diversity, Macrozoobenthos, Sampean River

كمحدد حيوي لجودة المياه في شوارع نهر سامبان ، منطقة ميسان ، MACROZOOBENTOS تنوع
منطقة بوندوسو

مفتاح عفيفاتور ، دوي سويريانتو ، كيطية

برنامج دراسة الماجستير في علم الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الولاية الإسلامية مولانا مالك
إبراهيم مالانج

خلاصة

القاع الكبير هو كائنات مائية تعيش في قاع المياه ، ولها طابع لاطئ ، وتحدث ثقباً في قاع المياه بحيث تكون دورة حياتها في الغالب أو حتى بالكامل في قاع المياه. يمكن أن يمثل تنوع الكتل الكبيرة مستوى كمؤشر حيوي لنوعية المياه. تم تنفيذ مراقبة تنوع Macrozoobenthos استقرار البيئة. يعمل Macrozoobenthos في أعالي نهر Sampean ، مقاطعة Maesan ، Bondowoso Regency والتي كانت تستخدم على نطاق واسع من قبل المجتمع المحيط. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد التنوع الكبير الذي يمكن أن يشير إلى الاستقرار البيئي ودوره كمؤشر بيولوجي في أعالي نهر سامبين ، منطقة ميسان ، مقاطعة بوندوسو. هذا البحث هو بحث استكشافي ويستخدم أسلوب أخذ العينات الهادف بناءً على دراسات أولية. كان تحليل البيانات المستخدمة في هذه الدراسة عبارة عن تحليل المجتمع بما في ذلك مؤشر شانون وينر للتنوع ، ومؤشر سيمبسون للهيمنة ، ومؤشر التكافؤ ، ومؤشر مارجاليف ، وتحليل BMWP-ASPT ومؤشر ، PAST 4.03) تحليل التصويب الكنسي (باستخدام تطبيق CCA ارتباط تظهر نتائج البحث أن تحليل المجتمع باستخدام المؤشرات الأربعة ينتج قيمًا مختلفة. R. الحيوي ، وتحليل جودة مياه جيدة. يمكن أن تدعم قيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية الشاملة BMWP-ASPT يظهر مؤشر أن كل متغير كان مرتبطاً بجنس معين ، وأن كل خاصية لمحطة CCA حياة القاع الكبير. أظهر تحليل كمؤشر بيولوجي محتمل Baetis جنس R البحث لها علاقة بوجود جنس القشرة الكبيرة. أظهر تحليل

الكلمات المفتاحية: مؤشر بيولوجي ، تنوع ، نباتات كبيرة ، نهر سامبيان

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmanirrohim, segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso”. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman. Aamiin.

Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada bapak/ibu sebagai berikut, karena peran beliau, penulis dapat menyelesaikan studi:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof.Dr.drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Ketua Program Studi Magister Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Dwi Suheriyanto, M.P dan Dr. Kiptiyah, M.Si selaku Pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga proposal tesis ini dapat terselesaikan.
5. Ayahanda (Bapak Buhari) dan Ibunda (Ibu Nurida) dan keluarga tercinta yang telah memberikan do'a, dukungan serta motivasi kepada penulis.
6. Teman-teman Program Studi Magister Biologi angkatan 2021.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Akhirnya penulis berharap, semoga tesis ini bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Malang, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	vi
MOTTO	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
خلاصة	x
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	8
1.4 Manfaat	8
1.5 Batasan Masalah	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Makrozoobentos	10
2.1.1 Definisi	10
2.1.2 Klasifikasi Makrozoobentos	12
2.2 Definisi Keanekaragaman	21
2.3 Bioindikator	22
2.3.1 Definisi Bioindikator	22
2.3.2 Kriteria Bioindikator	23
2.3.3 Keunggulan Bioindikator	24
2.4 Indeks Biotik BMWP-ASPT	25
2.5 Sungai	27
2.5.1 Definisi	27
2.5.2 Bagian Sungai	28
2.5.3 Pemanfaatan Sungai	29
2.5.4 Parameter Fisika-Kimia Sungai	30
2.5.5 Baku Mutu Air Sungai	35
2.5.6 Pencemaran Sungai	36
2.6 Deskripsi Wilayah Penelitian	37
2.7 Kerangka Konsep	38
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Jenis Penelitian	40
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	40

3.3	Alat dan Bahan Penelitian	40
3.4	Prosedur Penelitian	41
3.4.1	Studi Pendahuluan	41
3.4.2	Pengambilan Sampel Makrozoobentos dan Sampel Air	43
3.4.3	Identifikasi Sampel Makrozoobentos	44
3.4.4	Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Air	44
3.5	Analisis Data	45
3.5.1	Analisis Komunitas	45
3.5.2	Indeks Biotik BMWP-ASPT	45
3.5.3	Analisis Korelasi	46
3.5.4	Analisis Bioindikator	47
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Identifikasi Makrozoobentos	48
4.2	Analisis Struktur Komunitas	69
4.3	Analisis Indeks BMWP-ASPT	74
4.4	Parameter Fisika-kimia	75
4.5	Analisis Korelasi	80
4.6	Analisis Bioindikator	85
4.7	Tinjauan Hasil penelitian perspektif al-qur'an	87
BAB V	PENUTUP	90
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran	91
	DAFTAR PUSTAKA	92
	LAMPIRAN	104

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi makrozoobentos berdasarkan beban cemaran.....	12
2.2 Klasifikasi makrozoobentos berdasarkan tempat hidup.....	13
2.3 Klasifikasi zoobentos berdasarkan ukuran.....	13
2.4 Kelompok makrozoobents berdasarkan cara makan.....	14
2.5 Baku mutu air sungai berdasarkan PP Nomor 22 tahun 2021	36
3.1 Deskripsi kondisi stasiun penelitian	41
3.2 Perakam data	44
3.3 Skor BMWP.....	46
4.1 Total spesimen makrozoobentos	68
4.2 Analisis struktur komunitas.....	69
4.3 Indeks BMWP-ASPT	74
4.5 Parameter fisika-kimia	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kelompok utama makrozoobentos	14
2.2 Morfologi ephemeroptera	16
2.3 Morfologi plecoptera	17
2.4 Morfologi tricoptera	18
2.5 Morfologi odonata larva	18
2.6 Morfologi coleoptera larva	19
3.1 Peta lokasi penelitian	42
3.2 Foto lokasi penelitian	43
4.1 Genus <i>Parathelphusa</i>	48
4.2 Genus <i>Atherix</i>	50
4.3 Genus <i>Gymnometriocnemus</i>	52
4.4 Genus <i>Prosimulium</i>	53
4.5 Genus <i>Erpobdella</i>	55
4.6 Genus <i>Glossiphonia</i>	56
4.7 Genus <i>Potamopyrgus</i>	58
4.8 Genus <i>Tarebia</i>	59
4.9 Genus <i>Euphaea</i>	60
4.10 Genus <i>Baetis</i>	62
4.11 Genus <i>Hydropsyche</i>	64
4.12 Genus <i>Chimarra</i>	66
4.13 Grafik triplot CCA	81

DAFTAR LAMPIRAN

1. Alat dan bahan	104
2. Analisis Komunitas	105
3. Perhitungan analisis biotik	106
4. Analisis R Studio.....	107
5. Hasil uji lab air	108

BAB I PENDAHULUAN

1. 1 Latar belakang

Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an QS. Al-Anbiya [21]: 30 berikut:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^{٣٠} وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ^{٣١}
أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ٣٠

Artinya:

“Apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi, keduanya, dahulu menyatu, kemudian Kami memisahkan keduanya dan Kami menjadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air? Maka, tidakkah mereka beriman?”

Tafsir Al-Misbah oleh Shihab (2002) menjelaskan terkait tafsir dari Surat Al-Anbiya ayat 30. Dijelaskan dalam Tafsir Al-Misbah bahwa air merupakan komponen yang sangat berperan dan dibutuhkan untuk kehidupan. Dalam Tafsir Al-Misbah dijelaskan pula bahwa apa yang terpancar dari shulbi (sperma) segala yang hidup yakni dari jenis binatang berasal dari air. Satu diantara kelompok makhluk hidup ciptaan Allah SWT yang berada di air adalah Makrozoobentos.

Makrozoobentos adalah organisme dengan karakter yang hidupnya menetap, memiliki pergerakan terbatas serta terdampak langsung saat terjadi perubahan kualitas air (Rachman dkk. 2016). Makrozoobentos juga dapat mempermudah dalam proses identifikasi karena memiliki ukuran yang makro. Selain itu, makrozoobentos adalah organisme sesil serta dapat mengakumulasi dan menyaring bahan pencemar di dalam tubuhnya (Ulfa dkk. 2018). Kondisi tersebut menjadikan makrozoobentos dapat bertahan pada kondisi perairan tercemar (Harahap, 2019). Oleh karena itu, kondisi lingkungan sekitar seperti faktor fisika-kimia perairan memengaruhi kehidupan dari makrozoobentos (Salim dkk. 2017). Makrozoobentos

juga berperan sebagai salah satu mata rantai penghubung dalam aliran energi serta siklus materi mulai alga, planktonik, hingga konsumen tingkat tinggi di dalam ekosistem perairan (Nugroho, 2018).

Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air dapat dikuantifikasi dengan penentuan dari jumlah spesies, kelimpahan, dan keanekaragaman spesies. Perubahan kuantifikasi yang beragam menunjukkan bahwa makrozoobentos memenuhi salah satu syarat sebagai bioindikator. Di sisi lain, keanekaragaman makrozoobentos sebagai komponen di dalam ekosistem menjadi hal yang penting sebab menunjukkan stabilitas dari ekosistem tersebut. Beberapa makrozoobentos yang termasuk ke dalam kelompok intoleran yaitu meliputi Ephemeroptera, Plecoptera, dan Tricoptera. Beberapa jenis lain termasuk ke dalam kelompok fakultatif yang dapat hidup pada kondisi yang bersih hingga tercemar sedikit atau sedang. Beberapa diantaranya yaitu Diptera, Odonata, Coleoptera, dan Pelecypoda. Sedangkan beberapa kelompok Diptera, Hirudinae, dan Oligochaeta masuk ke dalam kelompok dengan sifat yang toleran (Roziaty dkk. 2017).

Terdapat hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme di alam yang peka dan ada pula yang tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Organisme maupun anggota komunitas yang mampu memberikan informasi terkait kondisi lingkungan secara parsial, bagian kecil, atau keseluruhan disebut dengan bioindikator. Dalam mengamati keragaman pada suatu daerah, bioindikator diperlukan untuk memberikan gambaran terkait status lingkungan dan/atau kondisi biotik, mengindikasikan dampak perubahan habitat, perubahan komunitas ataupun ekosistem, atau menggambarkan keragaman kelompok takson (Husamah & Rahardjanto, 2019).

Sifat yang khas dari suatu komunitas serta memiliki hubungan dengan jumlah jenis, kekayaan jenis, dan kelimpahan jenis sebagai penyusun komunitas disebut dengan keanekaragaman (Ekowati dkk. 2016). Selain dari tingkat keanekaragaman, struktur komunitas makrozoobentos juga dapat diketahui dengan dominansi dari makrozoobentos. Penguasaan suatu jenis makrozoobentos terhadap jenis yang lain pada suatu komunitas disebut dengan dominansi (Erwin dkk. 2017). Untuk mengetahui ada tidaknya dominansi dari makrozoobentos dalam suatu komunitas, salah satu cara yang digunakan yaitu dengan penilaian indeks dominansi makrozoobentos (Niar dkk. 2022).

Sumber daya perairan yang dimanfaatkan dan menjadi habitat berbagai organisme antara lain adalah sungai. Sungai merupakan ekosistem perairan tawar yang lengkap serta dipengaruhi oleh komponen biotik dan abiotik (Purusa dkk. 2020). Sistem aliran sungai mengalir dari hulu ke hilir atau mengalir dari dataran yang lebih tinggi menuju ke dataran yang lebih rendah (Tisnawati & Ratriningsih, 2011). Menurut Asrori (2021) manfaat dari sungai antara lain yaitu sebagai sarana transportasi, sebagai tempat penampungan air, keperluan peternakan, pengairan sawah, keperluan industri, tempat pemeliharaan ikan, dan juga sebagai tempat rekreasi. Salah satu komponen biotik yang dapat dijumpai di sungai adalah makrozoobentos.

Organisme sebagai indikator lebih dapat dipercaya dibandingkan dengan indikator kimia maupun fisika di dalam suatu lingkungan. Hal ini disebabkan karena organisme yang menjadi indikator dari suatu lingkungan dapat secara terus menerus memberikan respon terhadap perubahan yang terjadi di dalam lingkungannya (Husamah & Rahardjanto, 2019). Oleh karena itu, Makrozoobentos

dapat digunakan dalam penentuan kualitas dari suatu ekosistem karena dapat memberikan respon secara terus menerus serta hidup menetap di habitatnya.

Aktivitas manusia menghasilkan produk sisa yang disebut dengan limbah. Aktivitas manusia yang meningkat serta adanya pertambahan jumlah penduduk mengakibatkan limbah yang dihasilkan juga meningkat. Menurut Anggana & Ahmad (2018) bahwa selain peristiwa alam, kegiatan manusia juga menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas sungai. Hal ini disebabkan apabila kecepatan pembuangan limbah melebihi kecepatan arus di dalam perairan sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran (Simatupang dkk. 2017). Kualitas dari sungai akan terdampak mengingat kondisi sungai juga dipengaruhi oleh kondisi sekitarnya seperti pemukiman, pertanian, dan industri (Patang *et al.*, 2018).

Pencemaran berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran sungai menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem perairan bahkan terhadap masyarakat sekitar (Syaputri, 2017). Kualitas perairan dapat memburuk karena adanya pencemaran pada ekosistem perairan (Wijana dkk. 2019).

Perairan yang tercemar akan memengaruhi keseimbangan ekosistem dengan memberikan dampak buruk bagi organisme di dalam perairan tersebut. Baik tidaknya kondisi perairan tidak hanya dilihat dari segi biologis saja, namun juga dari segi fisik dan kimia perairan. Makrozoobentos sebagai bioindikator dapat dimanfaatkan untuk beberapa ekosistem perairan, di mana salah satunya adalah

sungai. Salah satu sungai yang banyak mendukung kegiatan masyarakat adalah Sungai Sampean di Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso. Sehingga, aktivitas masyarakat di sekitarnya berpotensi menyebabkan pencemaran di Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.

Penelitian terkait keanekaragaman makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean sebelumnya telah dilaksanakan oleh Afifatur (2022) serta dilaksanakan pada musim hujan. Hasil yang didapatkan dari empat stasiun yang diamati yaitu 286 ekor spesimen yang digolongkan ke dalam dua belas famili dan dua belas genus. Secara keseluruhan, indeks keanekaragaman di Hulu Sungai Sampean adalah sedang dengan nilai 1,287, pada stasiun I indeks keanekaragamannya sedang dengan nilai 1,734, pada stasiun II didapatkan indeks keanekaragaman sedang dengan nilai 1,498, pada stasiun III indeks keanekaragaman sedang dengan nilai 1,242, dan pada stasiun IV indeks keanekaragaman rendah dengan nilai 0,674. Sedangkan dari indeks dominansi keseluruhan stasiun yaitu tidak ada dominansi dengan nilai 0,384, kemudian didapatkan indeks dominansi stasiun I yaitu tidak ada dominansi dengan nilai 0,244, pada stasiun II tidak ada dominansi dengan nilai 0,250, pada stasiun III tidak ada dominansi dengan nilai yaitu 0,423 dan pada stasiun IV ada dominansi dengan nilai 0,384.

Berdasarkan data penelitian tersebut, penelitian terkait makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean perlu untuk dilakukan lagi sebab kondisi lingkungan yang tidak tetap juga akan memberikan pengaruh terhadap kehidupan dan tingkat keanekaragaman makrozoobentos. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini digunakan indeks keanekaragaman shanon wiener dan indeks dominansi. Kedua

indeks tersebut saling berkaitan karena semakin tinggi tingkat keanekaragaman maka akan berbanding terbalik dengan tingkat dominansi. Begitupula sebaliknya.

Di samping itu, di dalam penelitian ini juga digunakan indeks biotik. Indeks biotik adalah salah satu indeks yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap keragaman makhluk hidup dengan mempertimbangkan kelompok tertentu terkait hubungannya dengan tingkat pencemaran (Husamah & Rahardjanto, 2019). Salah satu indeks biotik yang dapat digunakan yaitu *Biological Monitoring Working Party-Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT). Berdasarkan kemampuan merespon polusi, BMWP mengelompokkan biota bentik menjadi 10 tingkatan. Seperti halnya indeks biotik lain yang tidak memberikan skor total yang jelas, hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan ASPT hingga batas tertentu yang merupakan jumlah skor individu (Gray, 2017).

Penelitian lain terkait keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator telah dilakukan oleh Darojat *et al.*, (2020) pada empat mata air di Wana Wiyata Kawasan Wisata Widya Karya, Desa Cowek, Pasuruan merupakan salah satu penelitian yang menggunakan metode BMWP-ASPT. Mata air Alang-Alang dan Sumber Sempol menunjukkan kategori kualitas air tidak tercemar dengan nilai indeks ASPT lebih dari 6. Hal tersebut dikarenakan pada kedua mata air tersebut ditemukan kelompok makrozoobentos yang tidak toleran dari kontaminasi seperti Psephenidae, Heptageniidae, dan Gerridae. Karakter beberapa kelompok tersebut yaitu rentan terhadap perubahan lingkungan, sehingga hanya mampu bertahan di perairan yang masih baik atau belum tercemar. Mata air Demplot dan Sumber Bendo masuk dalam kategori kualitas air tercemar ringan, yaitu memiliki nilai antara 5-6.

Berbeda dengan penelitian tersebut, di dalam penelitian ini pengambilan sampel dan objek penelitian dilakukan di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso yang belum pernah dilakukan penelitian serupa pada wilayah ini. Peran air yang sangat besar menunjukkan bahwa sangat pentingnya penelitian ini dilakukan (Prahardika & Widi, 2020). Air yang dibutuhkan tentunya merupakan air yang bersih sehingga dapat mendukung kehidupan organisme di dalamnya maupun di sekitarnya (Najib dkk. 2021). Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian yang berjudul Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso ini penting untuk dilakukan.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa saja genus makrozoobentos yang ditemukan di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso ?
2. Bagaimanakah hasil analisis komunitas makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso ?
3. Bagaimanakah kualitas air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso berdasarkan Indeks Biotik BMWP-ASPT pada makrozoobentos ?
4. Berapa nilai parameter fisika-kimia air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso ?

5. Bagaimanakah korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan keanekaragaman makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso ?
6. Apa sajakah genus makrozoobentos yang berpotensi sebagai bioindikator di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso ?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apa sajakah genus makrozoobentos yang ditemukan di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.
2. Mengetahui hasil analisis komunitas makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.
3. Mengetahui kualitas air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso berdasarkan makrozoobentos menggunakan Indeks Biotik BMWP-ASPT.
4. Mengetahui nilai parameter fisika-kimia air di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.
5. Mengetahui korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan keanekaragaman makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.
6. Mengetahui genus makrozoobentos yang berpotensi sebagai bioindikator di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diperoleh informasi ilmiah terkait kualitas perairan di Hulu Sungai Sampean berdasarkan keberadaan makrozoobentos.
2. Diperolehnya informasi ilmiah tentang potensi makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan yaitu makrozoobentos yang terperangkap jaring dalam plot dengan ukuran 1 x 1 m.
2. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di lima stasiun pada Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.
3. Parameter kimia fisika yang diamati meliputi BOD, COD, pH, DO, TSS, TDS, suhu, debit, dan kecepatan arus.
4. Identifikasi makrozoobentos dilakukan berdasarkan morfologi hingga takson genus.
5. Penelitian ini akan dilaksanakan bertepatan dengan musim penghujan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makrozoobentos

2.1.1 Definisi

Makrozoobentos adalah organisme yang dapat dijadikan sebagai bioindikator di suatu perairan dikarenakan memiliki perbedaan kisaran toleransi diantara spesies di dalam lingkungan perairan serta peka terhadap perubahan lingkungan perairan yang ditempatinya. Hal tersebut memberikan pengaruh terhadap komposisi dan kelimpahannya. Makrozoobentos tersebar mulai dari bagian hulu sungai hingga hilir sungai (Husamah & Rahardjanto, 2019). Allah berfirman dalam QS. Al-Fathir [35]: 12 berikut:

وَمَا يَسْتَوِي الْبَحْرَانِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ سَائِغٌ شَرَابُهُ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَمِن كُلِّ تَاكُلُونَ لَحْمًا طَرِيًّا
وَتَسْتَخْرِجُونَ حُلِيَّةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ فِيهِ مَوَاجِرَ لَتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ۝ ۱۲

Artinya:

“Tidak sama (antara) dua laut: yang ini tawar, segar, dan mudah diminum serta yang lain sangat asin. Dari masing-masing itu kamu dapat memakan daging yang segar dan dapat mengeluarkan perhiasan yang kamu pakai. Disana kamu melihat bahtera (berlayar) membelah (lautan) agar kamu dapat mencari sebagian karunia-Nya dan agar kamu bersyukur”

Dijelaskan dalam Tafsir Ibnu Katsir bahwa dalam menciptakan sesuatu yang beragam mengingatkan tentang kekuasaan Allah SWT yang besar. Diciptakan satu tawar yang segar dan itulah sungai yang mengalir di antara manusia, baik yang kecil maupun yang besar, sesuai kebutuhan yang ada di benua, negeri, pemukiman, tempat-tempat sunyi, daratan, dan hutan serta diciptakan pula dua buah lautan. Siapa saja yang membutuhkan dapat meminum air tawar tersebut (Ghoffar, 2007).

Hal tersebut menunjukkan bahwa sungai dan organisme di dalamnya sangat dibutuhkan oleh berbagai makhluk hidup. Begitu pula dengan makrozoobentos yang memiliki peran sebagai bioindikator. Selain manfaat tersebut, sungai juga menjadi habitat bagi berbagai makhluk hidup.

Makrozoobentos adalah hewan yang siklus hidupnya sebagian besar atau bahkan seluruhnya berada pada dasar perairan dengan membuat lubang ataupun menempel serta mendiami dasar perairan (Fatika, 2021). Makrozoobentos relatif hidup menetap pada habitatnya serta hidup pada perairan maupun di dasar perairan. Pergerakannya terbatas, sehingga dengan beberapa karakter tersebut menjadikan makrozoobentos dapat digunakan sebagai indikator biologis di suatu perairan (Bai'un dkk. 2021).

Penggunaan analisis fisik dan kimia dalam penentuan kualitas air kurang efektif karena nilai-nilai yang dihasilkan dapat menyimpang akibat perubahan yang terjadi mengingat sungai adalah perairan lotik dengan sumber nutrisi yang dinamis. Pemantauan kualitas perairan dapat dilakukan secara lebih baik dengan analisis biologi yaitu menggunakan organisme yang keberadaannya menetap dan terus menerus terpapar bahan pencemar seperti makrozoobentos. Kondisi fisika, kimia dan biologi yang berubah di dalam perairan diakibatkan karena adanya masukan buangan ke dalam sungai. Lingkungan dan biota perairan dapat terganggu dengan perubahan yang terjadi akibat adanya bahan pencemar yang masuk (Athifah dkk. 2019).

Salah satu cara yang paling efektif dan murah dalam menentukan kualitas ekologis perairan yaitu dengan menggunakan makrozoobentos. Keanekaragaman akan terganggu saat terdapat organisme yang mendominasi dalam suatu ekosistem.

Nilai indeks dominansi dapat memberikan informasi ada tidaknya kecenderungan hasil tangkapan terbanyak pada suatu spesies tertentu. Nilai indeks dominansi berkisar antara nol sampai satu. Jika nilainya sama dengan nol, maka tidak ada dominansi. Jika nilainya mendekati satu (lebih dari nol) berarti terdapat dominansi (Hakim & Nurhasanah, 2017). Salah satu penyebab dominansi adalah adanya kompetisi antara satu individu dengan individu yang lain (Suryanti dkk. 2020).

2.1.2 Klasifikasi makrozoobentos

Makrozoobentos berdasarkan beban cemaran serta kaitannya dengan tingkat kualitas air dibagi menjadi 6 kelas seperti pada Tabel 2.1. Sedangkan, makrozoobentos berdasarkan taksonomi dibagi menjadi beberapa kelompok utama seperti pada gambar 2.1 (Haniyyah, 2021).

Tabel 2.1. Klasifikasi makrozoobentos berdasarkan beban cemaran

Tingkat Cemaran	Makrozoobentos Indikator
Tidak tercemar	Lepidosmatidae, Planaria, Trichoptera (Sericosmatidae, Glossosomatidae)
Tercemar ringan	Coleoptera (Elminthidae); Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae); Odonanta (Gomphidae, Plarycnematidae, Agriidae, Aeshnidae); Trichoptera (Hydropschidae, Psychomyidae)
Tercemar sedang	Odonanta (Libellulidae, Cordulidae); Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea (Gammaridae)
Tercemar	Hirudinea (Glossiphonidae, Hirudidae); Hemiptera
Tercemar agak berat	Syrphidae, Oligochaeta (ubificidae); Diptera (Chironomus thummi-plumosus)
Sangat tercemar	Tidak terdapat makrozoobentos. Besar kemungkinan dijumpai lapisan bakteri yang sangat toleran terhadap limbah organik (Sphaerotilus) di permukaan

Sumber : Trihadingrum (2003) dalam Husamah & Rahardjanto (2019)

Sedangkan berdasarkan habitat hidupnya, makrozoobentos dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi makrozoobentos berdasarkan tempat hidup

Kelompok Organisme	Habitat
Epifauna	Hidup di permukaan substrat atau permukaan dasar perairan
Infauna	Hidup di dalam atau diantara partikel substrat

Sumber : Sinaga (2009)

Zoobentos berdasarkan ukurannya dibagi menjadi 3 kelompok. Kelompok tersebut disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Klasifikasi zoobentos berdasarkan ukuran

Jenis Bentos	Deskripsi
Mikrofauna	Hewan dengan ukuran lebih kecil dari 0,1 mm yang digolongkan ke dalam protozoa dan bakteri.
Meiofauna	Hewan dengan ukuran 0,1 hingga 1,0 mm. Digolongkan ke dalam beberapa kelas protozoa berukuran besar dan kelas krustasea yang sangat kecil serta cacing dan larva invertebrata.
Makrofauna	Hewan dengan ukuran lebih besar dari 1,0 mm. Digolongkan ke dalam hewan moluska, echinodermata, krustasea, dan beberapa filum annelida.

Sumber : Hutabarat (1985) dalam Payung (2017)

Klasifikasi makrozoobentos berdasarkan cara makan dibagi menjadi beberapa kelompok. Kelompok tersebut disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Kelompok makrozoobentos berdasarkan cara makan

Kelompok Makan	Mekanisme Makan	Sumber Makanan Dominan	Ukuran Makanan
Shredders	Memamah kotoran, jaringantanaman hidup, atau serpihan kayu	Materi organik kasar (CPOM) – jaringan tumbuhan yang terurai	< 1,0 mm
Filtering collectors	Menyaring partikel terlarut dari badan air	Materi organik halus (FPOM) – partikel terdekomposisi, alga, bakteri, feses	0,01 – 1,0 mm
Gathering collector	Mencerna endapan sedimen atau mengumpulkan partikel yang terlepas dari endapan	Materi organik halus (FPOM) – partikel terdekomposisi, alga, bakteri, feses	0,05 – 1,0 mm
Scraper/ Grazer	Menggerus permukaan batu, kayu, atau batang tumbuhan air	Perifiton termasuk alga non-filamen, mikroflora, fauna, dan feses	0,01 – 1,0 mm
Predator	Menangkap, menelan, menghisap cairan tubuh	Mangsa hewan hidup	< 0.5 mm

Sumber : Kumar & Vyas (2014)

**Gambar 2.1. Kelompok utama makrozoobentos** (Oscoz *et al.*, 2011)

(A) dan (B) Oligochaeta, (C) Hirudinea, (D) Insekta, (E) Hydracarina, (F) Crustacea, (G) Gastropoda, dan (H) Nematoda

2.1.2.1 Oligochaeta

Oligochaeta adalah jenis cacing dengan karakter sedikit setae (berambut pendek), tidak memiliki parapodia, namun memiliki setae pada tubuhnya yang bersegmen. Otot memanjang maupun melingkar melengkapi tubuhnya yang silindris memanjang. Karakter berikutnya yaitu prostomium kecil, tanpa batil isap dan tanpa mata serta bentuk kepala kerucut kecil tanpa tentakel (Nurjanah, 2019). Habitat dari oligochaeta dimana tersedia makanan yaitu substrat dasar lumpur dan lumpur berpasir. Kondisi fisik kimia perairan seperti suhu, pH, maupun oksigen terlarut memengaruhi kehidupan kelompok organisme ini (Yulhadis dkk. 2018). Sifat toleran terhadap kualitas air yang buruk merupakan karakter dari oligochaeta (Hadiroseyani dkk. 2015).

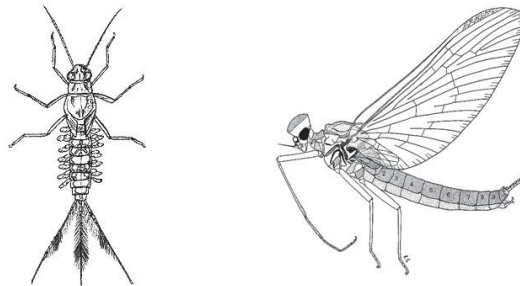
2.1.2.2 Hirudinea

Hirudinea adalah kelas filum annelida yang tidak memiliki setae (rambut) dan tidak memiliki parapodium di tubuhnya. Bentuk tubuh hirudinea yaitu pipih dengan ujung depan serta di bagian belakang sedikit runcing. Alat penghisap yang berfungsi dalam bergerak dan menempel berada di segmen awal dan akhir. Gabungan dari alat penghisap dan kontraksi serta relaksasi otot adalah mekanisme dari pergerakan hirudinea. Hirudinea memiliki ukuran yang beragam dari 1 – 30 mm (Sianipar, 2021). Habitat yang sesuai bagi hirudinea adalah kolam air tawar berlumpur dan aliran dengan vegetasi air yang tumbuh subur (Rufusova *et al.*, 2017).

2.1.2.3 Insecta

a. Ephemeroptera

Salah satu serangga tertua adalah kelompok ephemeroptera (lalat capung). Terdapat kurang lebih 3.200 jenis di dunia. Ephemeroptera (lalat capung) terbagi menjadi 16 famili dan 120 spesies. Fase larva dari kelompok ini mendiami habitat dengan perairan yang mengalir. Larva dari lalat capung merupakan makanan bagi organisme perairan dengan tingkatan yang lebih tinggi seperti ikan. Larva dari lalat capung menjadi bioindikator kualitas air pada perairan tawar. Status kualitas air yang terdapat pada bagian hulu berkualitas baik dapat diketahui dengan keberadaan ordo ephemeroptera, trichoptera, dan plecoptera (Candra dkk. 2014). Morfologi ephemeroptera dapat dilihat pada Gambar 2.2.

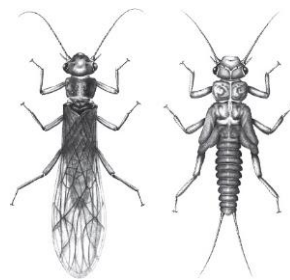


Gambar 2.2. Morfologi ephemeroptera (Rufusova *et al.*, 2017)
(a) larva (b) dewasa

b. Plecoptera

Ephemeroptera, plecoptera, dan trichoptera adalah kepanjangan dari EPT yang merupakan jenis makroinvertebrata benthik dan digunakan untuk melihat kualitas air sungai (Firdhausi, 2019). Ordo dari serangga air dengan total keseluruhan lebih dari 2000 spesies di dunia adalah plecoptera. Nimfa plecoptera yang hidup di dasar perairan dengan bebatuan sebagai substratnya menjadikan kelompok ini juga dikenal dengan nama *stonefly* atau lalat batu. Karakternya yaitu

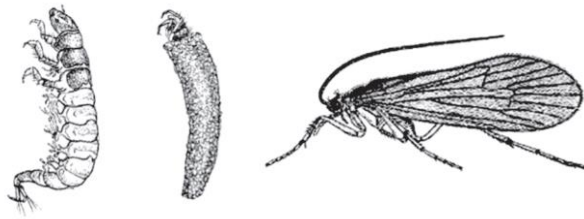
memiliki tubuh lunak, memiliki empat sayap dengan tampilan yang seragam, dan ukuran bervariasi dari 4 sampai 50 mm. Rentang sayap maksimum imago umumnya sekitar 110 mm. Beberapa genus ada tipe yang tidak bersayap (Oktarima, 2015). Indikator dari perairan yang bersih salah satunya dapat diketahui dengan keberadaan plecoptera (Rufusova *et al.*, 2017). Morfologi plecoptera dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Morfologi plecoptera (Rufusova *et al.*, 2017)
(a) nimfa (b) dewasa

c. Tricoptera

Kelompok EPT yang mencakup 15.000 spesies dan dibagi menjadi 18 famili adalah ordo tricoptera. Tricoptera berasal dari bahasa Yunani yaitu *thricos* = rambut dan *ptera* = sayap. Spesies dewasa mirip kupu-kupu namun sayap dari kelompok ini tertutup rambut. Tricoptera mengalami metamorfosis sempurna sehingga memiliki fase pupa dalam perkembangannya. Fase larva dari kelompok ini memiliki mulut menyerupai ulat untuk mengunyah. Habitatnya tersebar baik pada air yang mengalir maupun air yang tergenang. Namun, pada umumnya habitatnya pada perairan yang mengalir (Rufusova *et al.*, 2017). Morfologi tricoptera dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Morfologi tricoptera (Rufusova *et al.*, 2017)

(a) larva tanpa selubung (b) larva berselubung

(c) dewasa

d. Odonata

Hemimetabola merupakan proses yang dialami golongan serangga odonata. Lebar sayapnya 70 mm. Saat fase larva menangkap mangsa dengan cepat dan modifikasi labium seperti topeng atau masker. Bagian larva yang digunakan dalam menangkap mangsa adalah topeng yang dapat diperpanjang, terlipat ke bawah kepala dan dada (Rufusova *et al.*, 2017). Morfologi odonata dapat dilihat pada Gambar 2.5.

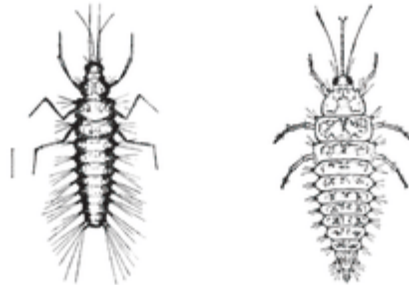


Gambar 2.5. Morfologi odonata larva (Rufusova *et al.*, 2017)

e. Coleoptera

Ordo dengan anggota terbesar yaitu sekitar 12.500 di seluruh dunia adalah ordo coleoptera. Larva dari famili elmidae (salah satu famili di ordo coleopteran) memiliki habitat yang berada pada kondisi perairan mengalir dan substrat bebatuan. Bentuk larva maupun dewasa dari famili elminae hidup di bawah air dan

membutuhkan air dengan oksigen terlarut yang baik (Rufusova *et al.*, 2017). Morfologi coleoptera dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Morfologi coleoptera larva (Rufusova *et al.*, 2017)

2.1.2.4 Crustacea

Kelompok invertebrata yang terdiri dari 67.000 spesies dan tersebar di seluruh dunia adalah Crustacea. Ukuran crustacean berkisar antara 0,1 mm sampai 3,8 m. Sebagian besar crustacean adalah hewan air. Terdapat crustacea dengan habitat di laut seperti kelompok arthropoda, air tawar, dan juga di darat (kepiting darat). Dua pasang antena dan lebih dari empat pasang anggota badan *biramous* yang dimiliki adalah ciri yang membedakan kelompok ini dengan arthropoda yang lain. Eksoskeleton yang dimiliki oleh crustacea akan berganti ketika tumbuh (Rufusova *et al.*, 2017). Morfologi crustacea dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Branchiopoda, remipedia, cephalocarida, maxillopoda, ostracoda, dan malacostraca adalah enam kelas yang dimiliki oleh crustacea. Habitat Crustacea yaitu di sungai, laut, payau, atau daerah mangrove. Kondisi lingkungan yang sesuai serta dapat ditoleransi oleh tubuhnya seperti suhu, pH air, serta salinitas air adalah habitat yang dapat mendukung crustacean dalam bertahan hidup (Duya & Noveria, 2019). Peka terhadap keberadaan oksigen adalah salah satu karakter yang dimiliki crustacea (Rahmatia dkk. 2020).

2.1.2.5 Gastropoda

Gastropoda adalah hewan avertebrata dari mollusca yang memiliki peran dalam ekosistem. Tingginya keanekaragaman spesies gastropoda menjadikan kelompok ini sebagai sumberdaya yang penting pada perairan (Supusepa, 2018). Gastropoda dijadikan sebagai bioindikator karena kelompok ini memiliki karakter yang cenderung menetap, pergerakannya terbatas, melekat pada substrat, dan peka terhadap perubahan lingkungan (Umanailo dkk. 2021).

Salah satu kelas dari Filum Mollusca yang banyak hidup di zona intertidal pantai adalah gastropoda. Beberapa gastropoda tidak memiliki cangkang namun sebagian besar gastropoda memiliki cangkang. Sebagian memiliki habitat di laut atau air tawar namun sebagian yang lain memiliki habitat di terestrial. Kondisi lingkungan seperti ketersediaan makanan, predator, serta adanya kompetisi menunjukkan bahwa keberadaan gastropoda erat kaitannya dengan kualitas perairan (Lestari dkk. 2021). Morfologi gastropoda dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.1.3 Makrozoobentos sebagai bioindikator

Makrozoobentos sering dipakai sebagai bioindikator kualitas perairan karena dibandingkan dengan pengujian fisika kimia, parameter biologis dapat memberikan gambaran yang lebih tepat. Beberapa keuntungan menggunakan makrozoobentos sebagai bioindikator adalah sebagai berikut: (Nugroho, 2018).

- a. Tidak sulit untuk didapatkan pada ekosistem perairan.
- b. Jumlahnya yang melimpah.
- c. Mobilitas/perpindahan sangat terbatas.
- d. Mudah untuk dikoleksi dan diidentifikasi.
- e. Pengamatan dapat dilakukan dengan peralatan sederhana.

Makrozoobentos sebagai bioindikator juga memiliki beberapa kekurangan. Beberapa kekurangannya adalah sebagai berikut:

- a. Sebagian jenis bentos hidup musiman.
- b. Mudah terbawa arus karena ukuran yang tidak terlalu besar.

2.2 Definisi keanekaragaman

Penentuan tingkat keanekaragaman diketahui dari banyaknya jenis serta pemerataan kelimpahan individu setiap jenis yang ditemukan. Saat jenis yang didapatkan semakin banyak, maka nilai keanekaragamannya juga akan semakin tinggi. Nilai total yang didapatkan dari individu masing-masing jenis menentukan nilai akhir. Saat total individu yang didapatkan berasal dari spesies yang berbeda maka nilai keanekaragaman akan besar. Namun, nilai keanekaragaman akan kecil saat total individu yang didapatkan berasal dari satu spesies saja (Sari, 2019). Keanekaragaman suatu organisme dapat juga dijadikan sebagai alternatif untuk menganalisis kondisi suatu lingkungan (Suheriyanto, 2012).

Indeks keanekaragaman dapat menentukan sedikit banyaknya keanekaragaman suatu spesies. Menurut Odum (1993) tingkat keanekaragaman dengan nilai yang besar didapatkan saat individu berasal dari spesies yang berbeda-beda. Suatu daerah memiliki kemungkinan sebagai daerah yang kaya akan nutrisi dan memiliki nilai produktivitas yang tinggi saat nilai H' mencapai nilai yang tinggi (Abidin dkk. 2018). Status pencemaran sungai dapat diketahui salah satunya dengan menggunakan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos (Herawati *et al.*, 2020).

2.3 Bioindikator

2.3.1 Definisi bioindikator

Bioindikator dapat didefinisikan sebagai spesies atau kelompok spesies yang dapat mencerminkan keadaan lingkungan abiotik atau biotik, mewakili dampak perubahan lingkungan pada habitat, komunitas atau ekosistem, dan indikator keragaman taksa atau seluruh keragaman dalam suatu area. Sensitivitas dan/atau toleransi terhadap kondisi lingkungan sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai alat penilai kondisi lingkungan ditunjukkan dengan kehadiran Bioindikator. Bioindikator memandang bahwa kehadiran, ketidakhadiran, dan/atau tingkah lakunya sangat erat terkait dengan status lingkungan tertentu sehingga dapat digunakan sebagai indikator (Husamah & Rahardjanto, 2019).

Bioindikator adalah organisme (atau bagian dari organisme atau komunitas organisme) yang memberikan informasi tentang kualitas lingkungan (atau bagian dari lingkungan). Spesies yang diketahui sensitif terhadap proses atau polutan yang mengarah pada perubahan keanekaragaman hayati dan diambil sebagai pengganti komunitas yang lebih besar dan bertindak sebagai pengukur kondisi suatu habitat, komunitas, atau ekosistem tertentu disebut dengan taksa indikator (indikator ekologis). Spesies atau kelompok spesies ini sering dianggap sebagai pengganti keanekaragaman kelompok lain yang mungkin lebih sulit diidentifikasi dalam bidang penelitian keanekaragaman hayati. Spesies seperti itu juga disebut indikator keanekaragaman hayati (Markert *et al.*, 2003).

Bioindikator mengacu pada semua sumber reaksi biotik dan abiotik terhadap perubahan ekologis, digunakan untuk mendeteksi perubahan alam sekitar serta untuk menunjukkan dampak negatif atau positif. Bioindikator juga dapat

mendeteksi perubahan lingkungan karena adanya polutan yang dapat memengaruhi keanekaragaman hayati lingkungan, serta spesies yang ada di dalamnya. Kondisi lingkungan secara efektif dipantau dengan penggunaan spesies bioindikator karena ketahanannya terhadap variabilitas ekologi (Schneider *et al.*, 2010).

2.3.2 Kriteria bioindikator

Pemilihan spesies bioindikator yang sesuai merupakan kunci dalam mengembangkan program pemantauan yang efektif dilakukan dengan pemilihan spesies bioindikator yang sesuai. Spesies bioindikator harus peka terhadap perubahan ekosistem sebagai akibat dari perubahan lingkungan dan adanya polutan dengan reaksi yang berbeda sepanjang gradien polusi. Organisme bioindikator juga harus mudah diidentifikasi, persebarannya luas, memiliki riwayat kehidupan yang terdokumentasi dengan baik, relatif menetap, memiliki kemampuan untuk memberikan sinyal peringatan dini, memiliki peran kunci dalam ekosistem serta memiliki respons homogen yang dapat diprediksi terhadap kontaminan (Dalu & Wasserman, 2021).

Bioindikator perlu memenuhi beberapa syarat agar dapat digunakan untuk memantau keadaan polusi di suatu tempat. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut (Husamah & Rahardjanto, 2019):

- a. Kisaran toleransi yang sempit terhadap perubahan lingkungan perlu dimiliki oleh organisme bioindikator.
- b. Organisme yang berperan sebagai bioindikator memiliki kebiasaan hidup menetap di suatu wilayah.
- c. Organisme yang dijadikan sebagai bioindikator mudah ditemukan di lokasi pengamatan.

- d. Akumulasi dari polutan tidak membahayakan atau menyebabkan kematian terhadap organisme bioindikator.
- e. Organisme yang dijadikan sebagai bioindikator memiliki usia panjang, sehingga dapat diperoleh individu contoh dari berbagai stadium atau dari berbagai tingkatan usia.

2.3.3 Keunggulan bioindikator

Bioindikator terkadang lebih dapat dipercaya daripada indikator kimia, karena bioindikator menambahkan komponen temporal yang sesuai dengan rentang kehidupan atau waktu tinggal suatu organisme dalam sistem tertentu. Sebaliknya, banyak pengukuran kimia dan fisik hanya mencirikan kondisi pada saat pengambilan sampel, meningkatkan kemungkinan hilangnya pulsa polutan sporadis. Rentang toleransi bioindikator memberikan gambaran tingkat polutan yang bermakna secara biologis sebagai alternatif kontaminan pada konsentrasi yang sangat rendah. Bioindikator dapat digunakan pada berbagai skala, dari seluler hingga tingkat ekosistem, untuk mengevaluasi kesehatan ekosistem tertentu (Husamah & Rahardjanto, 2019).

Pemantauan lengkap seluruh area dimungkinkan dengan bioindikator, yang menunjukkan berbagai sistem kehidupan dengan data sederhana. Lingkungan membuat spesies indikator sensitif terhadap perubahannya, sedangkan deteksi ekosistem dengan menilai insentif yang efisien dari satu populasi diyakini lebih berguna dan lebih murah (Asif *et al.*, 2018). Keuntungan terkait penggunaan bioindikator sebagai berikut (Parmar *et al.*, 2016):

- a. Dapat menemukan dampak biologis.

- b. Dampak sinergis dan antagonis dari berbagai polutan pada makhluk hidup dapat dipantau.
- c. Diagnosis tahap awal serta efek berbahaya dari racun bagi tanaman, serta manusia dapat dipantau.
- d. Dapat dengan mudah dihitung.
- e. Dibandingkan dengan sistem pengukuran khusus lainnya, alternatif dengan Bioindikator layak secara ekonomi.

2.4. Indeks biotik BMWP-ASPT

Indeks biotik adalah nilai dalam bentuk skoring yang dibuat atas dasar tingkat toleransi organisme terhadap cemaran. Indeks tersebut juga memperhitungkan keragaman organisme dengan memperhitungkan kelompok tertentu dalam kaitannya dengan tingkat pencemaran (Husamah & Rahardjanto, 2019). Indeks biotik adalah kombinasi kelimpahan relatif berdasarkan kelompok tertentu yang sensitif terhadap satu indeks atau skor. Beberapa indeks biotik yang umum digunakan adalah (1) *Trent Biotic Index*, (2) *Extended Biotic Index*, (3) *Chandler's Score System*, (4) *Biological Monitoring Working Party Score* (BMWP), (5) *Average Score per Taxon*, dan (6) Indeks Biotik Hilsenhoff. Diantara seluruh indeks, BMWP dan turunannya secara luas direkomendasikan oleh *Water Framework Directive* dan banyak digunakan di negara-negara Eropa (Patra *et al.*, 2022).

Ahli ekologi yang menilai efek polusi organik pada makroinvertebrata bentik di habitat air tawar melakukan pendekatan dengan menggunakan indeks biotik. Indeks biotik lain untuk penilaian polusi organik pada makroinvertebrata bentik di air tawar adalah *Trent Biotic Index* (TBI). Berikutnya dikembangkan Indeks biotik

Chandler, selanjutnya digantikan *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), yang dikembangkan di Inggris pada 1970-an. Skor BMWP tidak mencoba memasukkan data kelimpahan, namun taksa makroinvertebrata bentuk masih diberi peringkat menurut kepekaannya terhadap polusi organik dengan skor yang sesuai dari 10 (sensitif) hingga 1 (tidak sensitif), yang kemudian dijumlahkan untuk memberikan skor total (Rainbow, 2018).

Para peneliti telah menggunakan berbagai indeks yang sebagian besar didasarkan pada indeks *Biological Monitoring Working Party* (BMWP). Sistem BMWP mempertimbangkan sensitivitas invertebrata terhadap polusi dengan diberi skor antara 1 dan 10. Jumlah nilai untuk seluruh keluarga yang ada dalam sampel merupakan skor BMWP. Sungai yang bersih memiliki nilai yang lebih besar dari 10, sedangkan sungai yang sangat tercemar memiliki nilai kurang dari 10 (Rainbow, 2018).

Skor Rata-rata Per Takson (*Average Score Per Taxon/ASPT*) adalah sensitivitas rata-rata famili organisme. Skor tersebut didapatkan dengan membagi Skor BMWP dengan jumlah taksa yang ada. Skor ASPT yang tinggi mengindikasikan suatu perairan bersih (Arslan *et al.*, 2016). Skor diberikan untuk keberadaan setiap kelompok famili kunci (terlepas dari jumlah spesies dalam famili atau kelimpahannya), yang kemudian dijumlahkan. Seperti halnya indeks *Chandler*, dan sistem skor biotik lainnya, kelemahan utama BMWP adalah bahwa indeks tersebut tidak memberikan skor total yang jelas, tetapi skor total variabel yang bergantung pada keragaman. Ini dapat diatasi sampai batas tertentu dengan menggunakan ASPT di mana hal tersebut adalah jumlah skor individu (Gray, 2017).

Penerapan sistem BMWP telah diterapkan di berbagai wilayah Eropa. Ditemukan bahwa korelasi antara indeks dengan parameter kimia lebih tinggi dengan skor rata-rata (ASPT) dibandingkan dengan skor total (BMWP). Indeks BMWP-ASPT lebih unggul daripada indeks lainnya karena indeks tersebut sedikit dipengaruhi oleh ukuran sampel, sederhana untuk dihitung serta memerlukan tingkat keahlian taksonomi yang terbatas. Indeks tersebut menunjukkan korelasi yang lebih besar dengan parameter kualitas air daripada indeks kekayaan dan keanekaragaman (Bawa *et al.*, 2018).

2.5 Sungai

2.5.1 Definisi

Air tawar di daratan yang mengalir dari sumbernya dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar adalah sungai. Beberapa fungsi dari sungai adalah sebagai alat transportasi, sumber bahan baku tenaga listrik, dan sebagai tempat mata pencaharian. Sungai digunakan sebagai tempat mengalirnya air ketika hujan di daerah perkotaan. Oleh karena itu salah satu ekosistem yang sangat penting adalah sungai (Syukur, 2020).

Sungai adalah salah satu ekosistem yang sangat penting bagi manusia. Sungai memiliki fungsi lain di beberapa wilayah. Sungai di Sumatera dan Kalimantan digunakan penduduk sebagai prasarana transportasi. Kegiatan pertanian industri maupun domestik yang dilakukan oleh manusia sangat membutuhkan peran sungai sebagai penyedia pengairan (Siahaan dkk. 2011).

Salah satu sumber air baku yang dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas adalah air sungai. Sungai berperan sebagai sumber air terdekat bagi beberapa penduduk pedesaan dan perkotaan serta sebagai habitat dari beberapa organisme.

Penurunan kualitas air sungai salah satunya disebabkan karena peningkatan jumlah penduduk, peningkatan aktivitas industri, perkembangan ekonomi dan peningkatan standar hidup. Tercemarnya sungai ditandai dengan penurunan kualitas air sungai yang mengalir (Hamidi dkk. 2017).

Salah satu lingkungan yang sering terkena dampak pencemaran adalah sungai. Penyebab pencemaran diakibatkan oleh berbagai jenis aktivitas manusia yang dilakukan di sepanjang daerah aliran sungai. Buruknya kondisi kualitas air sungai salah satunya disebabkan karena meningkatnya aktivitas domestik, pertanian, dan industri di sekitar aliran sungai (Nangin dkk. 2015).

2.5.2 Bagian sungai

Menurut Andini (2017) bagian hulu, tengah, dan hilir merupakan bagian dari sungai. Penjelasan dari setiap bagian adalah sebagai berikut:

a. Bagian Hulu

Daerah awal dari sebuah sungai adalah daerah hulu di mana bagian ini berada di pegunungan, lembah sungai, dan berbentuk huruf V yang memiliki karakter aliran sungai sangat deras dan sungainya lumayan dalam, serta terjadi erosi pada sungai daerah hulu.

b. Bagian Tengah

Daerah sungai setelah hulu adalah daerah sungai tengah. Karakternya yaitu lembah sungai berbentuk huruf U karena kondisinya yang landai dan bukan kondisi yang curam lagi. Kondisi ini menjadikan air tidak begitu deras dan proses erosi yang terjadi tidak terlalu sering. Proses transportasi adalah proses yang dominan pada bagian ini dimana bahan yang dibawa pada proses transportasi adalah dari hasil erosi di bagian hulu.

c. Bagian Hilir

Daerah sungai terakhir adalah daerah hilir. Bagian ini kemudian mengantar sungai hingga perbatasan dengan laut atau muara. Karakter daerah hilir yaitu lembah yang menyerupai huruf U dengan ukuran lebar serta berliku-liku. Proses sedimentasi merupakan proses yang sering terjadi pada sungai bagian hilir karena akibat dari proses transportasi dari bagian tengah.

2.5.3 Pemanfaatan sungai

Salah satu fungsi sungai yaitu untuk mendukung aktivitas masyarakat. Menurut Darmanto & Sudarmadji (2013) aktivitas masyarakat yang memerlukan peran sungai adalah sebagai berikut:

a. Irigasi

Pembuatan bendungan adalah langkah pertama yang dilakukan untuk memanfaatkan air sungai sebagai keperluan irigasi. Air kemudian dialirkan dari bendungan menuju daerah-daerah di sekitarnya. Hal ini dilakukan karena secara gravitasi dan kemiringan sungai yang cukup menjadikan air sungai dapat dialirkan ke arah hilir. Melalui saluran-saluran air, selanjutnya dialirkan ke dalam petak-petak sawah yang memerlukan.

b. Perikanan

Ikan yang dipelihara pada kolam mendapat asupan air dari air sungai yang sebelumnya dibendung dan dialirkan menggunakan paralon pada kolam-kolam ikan. Ikan-ikan tersebut seperti ikan nila, gurami, dan ikan mas. Keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan air sungai yaitu bahwa air selalu diganti. Hal ini menjadikan aliran air menjadi deras sehingga menjamin ketersediaan oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh ikan.

c. Keperluan Rumah Tangga

Beberapa kegiatan rumah tangga dilakukan dengan memanfaatkan air sungai, salah satunya yaitu dalam mencuci pakaian. Kegiatan ini memanfaatkan sungai-sungai tertentu. Hal ini dilakukan oleh masyarakat karena mempermudah dalam pembilasan cucian. Kegiatan seperti mencuci dilakukan oleh masyarakat saat kondisi sungai jernih dan bersih, sehingga sangat baik digunakan untuk mencuci pakaian. Kegiatan lain yang dilakukan dengan memanfaatkan air sungai tidak hanya dalam mencuci pakaian, namun juga dapat digunakan dalam mencuci kendaraan sehingga biaya dan tenaga yang digunakan lebih murah.

2.5.4 Parameter fisika-kimia sungai

Baik tidaknya kondisi perairan termasuk sungai dapat diketahui pula dengan mengamati parameter fisik dan kimia perairan. Parameter fisika dan kimia yang memengaruhikualitas perairan adalah sebagai berikut :(Salim & Mangkurat, 2017)

2.5.4.1 Parameter fisika

a. Suhu

Suhu adalah salah satu parameter penting bagi kehidupan organisme perairan. Suhu adalah salah satu parameter yang memengaruhi metabolisme dan perkembangbiakan biota sungai. Pertumbuhan, metabolisme, bahkan kematian biota dipengaruhi secara langsung oleh perubahan suhu (Sanjaya & Iriani, 2018). Stratifikasi atau pelapisan air dapat disebabkan oleh kenaikan suhu. Adanya stratifikasi air dapat menghambat pengadukan air yang diperlukan dalam rangka penyebaran oksigen. Pelapisan air di lapisan dasar kemudian tidak menjadi anaerob akibat adanya stratifikasi (Hamuna dkk. 2018).

b. TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS (*Total suspended solids*) adalah material endapan yang bergerak tanpa menyentuh dasar perairan dan melayang pada kolom perairan serta dipengaruhi oleh adanya masukan dari daratan, aliran sungai, dan juga faktor oseanografi perairan. Sedimentasi yang terjadi di perairan dan memberi dampak negatif kepada ekosistem perairan memiliki keterkaitan dengan *total suspended solids* (TSS) (Yonar dkk. 2021). TSS (*Total suspended solids*) adalah padatan tersuspensi yang tidak dapat mengendap, dan tidak larut dalam air serta menyebabkan kekeruhan air (Bahagia dkk. 2020).

Zat atau material tersuspensi yang berukuran maksimal 2 μm yang terdiri dari lumpur, pasir halus, dan zat partikel lainnya seperti komponen biotik atau komponen abiotik adalah komponen dari *Total Suspended Solids* (TSS). Curah hujan juga memengaruhikonentrasi TSS di mana air hujan merupakan media pengangkut polutan dari permukaan seperti bakteri dan mikroorganismelain (Aulia & Dewi, 2019).

c. TDS (*Total Dissolved Solids*)

TDS (*Total Dissolved Solids*) adalah konsentrasi jumlah ion kation dan anion dalam air yang terdiri dari semua ion-ion terlarut dalam air, yaitu berupa fosfat dalam surfaktan dan bahan-bahan penyusun detergen yang terlarut dalam air (Hak dkk. 2019). Komponen TDS yaitu berupa padatan terlarut zat organik, garam anorganik, serta gas terlarut (Kusuma dkk. 2020). Komponen dari TDS yang merupakan parameter fisik air baku yaitu zat organik maupun anorganik yang terdapat pada larutan serta mencakup jumlah material dalam air, berupa karbonat,

bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, dan ion-ion lainnya (Afrianita dkk. 2017).

d. Kecepatan Arus

Faktor fisik berikutnya yang memengaruhi keberadaan makrozoobentos adalah kecepatan arus. Kecepatan arus pada suatu perairan dipengaruhi oleh kedalaman suatu perairan dan tenaga angin yang diberikan pada lapisan permukaan air. Arus permukaan yang mempunyai kecepatan sekitar dua persen dari kecepatan angin itu sendiri kemudian meningkat karena hal tersebut. Perairan yang mempunyai sudut kemiringan yang lebih besar akan menimbulkan arus yang lebih cepat (Susanto, 2018). Fluktuasi arus sungai berkisar antara 0,09 – 1,40 m/detik yang semakin melambat ke hilir. Kecepatan arus di hulu paling besar dikarenakan faktor gravitasi, lebar sungai, dan material yang dibawa oleh air sungai (Siahaan dkk. 2011).

e. Debit

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit air pada saat musim hujan yang meningkat dapat memengaruhi kecepatan arus. Kondisi substrat pada dasar perairan serta adanya bentuk alur sungai menimbulkan variasi pada kecepatan arus. Tipe substrat yang sebagian besar terdiri oleh substrat berpasir menunjukkan kecepatan arus yang tinggi. Hal ini terjadi karena partikel-partikel yang berukuran besar seperti kerikil atau pasir mampu diendapkan di dasar perairan tersebut, sedangkan partikel yang terus terbawa oleh arus yang kuat adalah partikel yang halus (Ridwan dkk. 2016). Suatu perairan memiliki kecepatan arus yang lemah saat kondisi substratnya didominasi substrat yang berlumpur atau lempung (Hartini dkk. 2010).

f. Kedalaman

Kedalaman adalah salah satu parameter fisika yang memberikan pengaruh terhadap oksigen terlarut, intensitas cahaya, dan suhu (Yusal & Ahmad, 2022). Kedalaman serta bentuk dasar setiap perairan yang berbeda menyebabkan pola distribusi beberapa parameter seperti salinitas, suhu dan oksigen terlarut juga berbeda (Sidabutar dkk. 2019). Kecerahan yang berasal dari intensitas cahaya matahari memengaruhi kehidupan organisme di dalam perairan (Budiyanti & Supasman, 2021). Semakin bertambah kedalaman suatu perairan, semakin sedikit pula oksigen terlarut di perairan tersebut sehingga menyebabkan organisme yang hidup di perairan semakin sedikit (Yustiani dkk. 2019). Semakin meningkat kedalaman pada suatu perairan, maka semakin rendah suhu di perairan tersebut (Alfionita dkk. 2019).

2.5.4.2 Parameter kimia

a. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman adalah gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen pada perairan di mana nilai pH secara umum menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan perairan. Nilai $\text{pH} = 7$ menunjukkan kondisi perairan netral. Perairan dikatakan bersifat asam saat nilai $\text{pH} < 7$. Kondisi perairan dikatakan basa saat nilai $\text{pH} > 7$. Kualitas perairan yang memengaruhi kehidupan organisme di dalamnya dipengaruhi oleh kadar asam basa suatu perairan (Barus dkk. 2019). Nilai pH berpengaruh besar terhadap organisme perairan serta dijadikan sebagai salah satu petunjuk dalam menentukan baik buruknya perairan (Yulis, 2018).

b. DO (*Dissolved oxygen*)

Jumlah oksigen yang terlarut dalam volume air tertentu pada suatu suhu dan tekanan tertentu serta menjadi parameter kualitas air yang penting dalam penentuan kehadiran makhluk hidup dalam air adalah oksigen terlarut (Djoharam dkk. 2018). Unsur paling penting bagi kehidupan biota yang digunakan untuk pernapasan, proses metabolisme, atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan adalah oksigen terlarut (Elviana & Sunarni, 2018). Gas yang dibutuhkan oleh semua makhluk darat maupun air adalah oksigen terlarut atau DO (*Dissolved Oxygen*) (Saraswati dkk. 2017).

c. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah kuantitas oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organik yang terdapat di dalam air secara sempurna dengan menggunakan proses biologi (Daroni & Arisandi, 2020). Air sungai semakin tercemar saat semakin tinggi nilai BOD sehingga parameter BOD dapat mengidentifikasi pencemaran yang terjadi (Sara dkk. 2018). Kadar BOD akan semakin tinggi saat semakin tinggi pula jumlah penurunan oksigen terlarut pada suatu perairan (Putri dkk. 2019).

d. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik secara kimia di dalam air (Riyanti dkk. 2019). Definisi dari *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat di dalam air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Sekitar 85% zat dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan

H₂O dalam suasana asam pada reaksi ini. Angka dari COD adalah ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Sari, 2019).

2.5.5 Baku mutu air sungai

Baku mutu air adalah persyaratan mutu air yang disiapkan oleh suatu negara atau daerah yang bersangkutan (Sanjaya & Iriani, 2018). Kelas air berdasarkan pemanfaatannya dibagi menjadi empat kelas menurut PP RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berikut deskripsi dari empat kelas tersebut:

a. Kelas I

Golongan air kelas I yaitu dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum atau pemanfaatan lain yang persyaratan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

b. Kelas II

Golongan air kelas II yaitu dimanfaatkan untuk sarana dan prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman atau untuk peruntukan lain yang persyaratan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

c. Kelas III

Golongan air kelas III digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman atau persyaratan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

d. Kelas IV

Golongan air kelas IV digunakan untuk mengairi tanaman atau peruntukan lain yang persyaratan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

Parameter dalam penentuan kualitas air berdasarkan nilai baku mutu air sungai dalam PP RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Nilai baku mutu disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Baku mutu air sungai berdasarkan PP RI Nomor 22 Tahun 2021

Parameter	Satuan	Baku Mutu			
		I	II	III	IV
Suhu	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
pH	mg/L	6-9	6-9	6-9	6-9
TDS	mg/L	1000	1000	1000	2000
TSS	mg/L	40	50	100	400
DO	mg/L	6	4	3	1
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	40	80

Keterangan : - Dev artinya deviasi yaitu perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air

- Deviasi 3 artinya $\pm 3^{\circ}$ C dari suhu normal alaminya

2.6.6 Pencemaran sungai

Kualitas lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya saat terjadi pencemaran lingkungan (*environmental pollution*) (Duhupo, 2019). Salah satu masalah yang memberi ancaman kepada manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan adalah pencemaran sungai. Kurangnya pengetahuan terkait isu pencemaran sungai serta kurangnya sikap bertanggung jawab dalam mengurus sungai merupakan beberapa faktor yang menyebabkan pencemaran sungai (Alias & Azilawanie, 2019). Selain itu, penambahan penduduk di sekitar sungai menjadi ancaman terbesar terhadap kelestarian ekosistem sungai (Romaidi dkk. 2020).

Pencemaran di Indonesia beberapa diantaranya disebabkan oleh limbah industri, limbah rumah tangga, serta limbah pertanian (Rismawati, 2020). Penyebab

terbesar menurunnya kualitas sungai yaitu karena aktivitas manusia yang menjadikan sungai sebagai tempat pembuangan sampah dan limbah yang bahkan tanpa diolah terlebih. Banyak ditemui kota-kota besar dengan kondisi kualitas air sungai yang buruk. Limbah industri, rumah tangga, limbah perikanan, dan lainnya menjadi penyebab pencemaran sungai di kota besar tersebut. Penggunaan air yang dilakukan setiap hari akan membahayakan kesehatan manusia saat air yang digunakan merupakan air yang tercemar (Ermawati & Hartanto, 2017).

2.7 Deskripsi wilayah penelitian

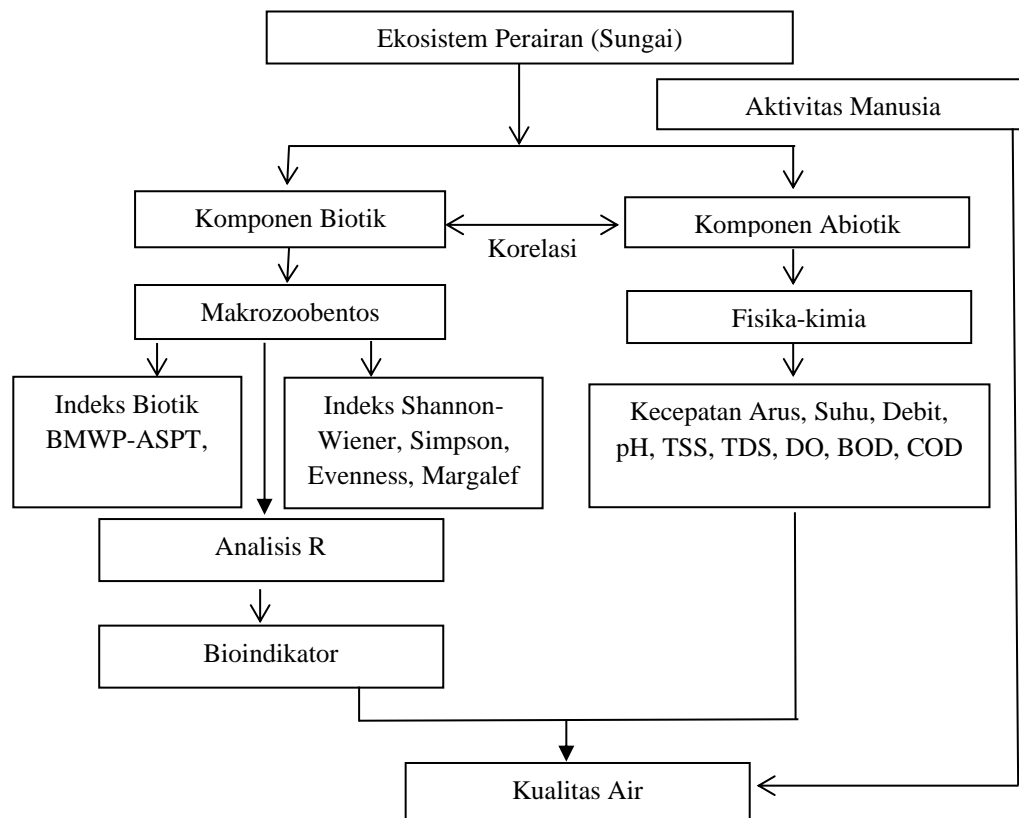
Kabupaten Bondowoso adalah daerah dengan cekungan yang berbentuk mangkuk serta dikelilingi oleh Gunung Ijen, Gunung Raung, dan Gunung Argopuro. Kabupaten Bondowoso merupakan kabupaten dengan iklim yang sejuk karena terletak pada dataran tinggi (Said dkk. 2012). Selain itu Kabupaten Bondowoso juga merupakan salah satu daerah mengalirnya sungai sampean. Kecamatan Maesan adalah salah satu wilayah pemerintahan di Kabupaten Bondowoso yang secara geografis terletak pada ketinggian antara 280 s/d 550 meter diatas permukaan laut di mana sebagian besar wilayah Kecamatan Maesan adalah lahan pertanian (BPS Kab. Bondowoso, 2016).

Kecamatan Maesan adalah salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Bondowoso adalah. Lokasi dengan ketinggian antara 280 s/d 550 meter di atas permukaan laut adalah kondisi geografi Kecamatan Maesan. Kondisi wilayah Kecamatan Maesan yang sebagian besar adalah lahan pertanian menjadikan masyarakat di kecamatan ini bekerja pada sektor pertanian (BPS Kab. Bondowoso, 2016).

Salah satu gunung yang terletak di perbatasan Kabupaten Probolinggo, Situbondo, Jember, dan Bondowoso yang masuk ke dalam kawasan Suaka Margasatwa Dataran Tinggi Hyang adalah Gunung Argopuro (Jasling MENLHK, 2021). Ketinggian dari Gunung Argopuro adalah 3088 mdpl (Disporaparbud Probolinggo, 2022). Beberapa ekosistem yang dapat ditemui di kawasan Gunung Argopuro yaitu sabana hingga hutan hujan pegunungan (Aryanti, 2017).

Sungai Sampean adalah sungai utama yang terletak diantara Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Situbondo dengan luas DAS 1.206 Km². Bentuk daerah aliran sungai (DAS) Sungai Sampean berupa dendritik, seperti percabangan pohon, percabangan tidak teratur dengan arah dan sudut yang beragam. Jalur anak sungai di kiri kanan sungai utama mengalir menuju sungai utama di mana hal ini merupakan orde tingkat DAS dengan tipe bulu burung. Terdapat 2 orde yaitu orde 1 dan orde 2 di Sungai Sampean (Nupus dkk. 2018).

2.8 Kerangka konseptual



Salah satu ekosistem perairan adalah sungai. Sungai terdiri dari dua komponen yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik terdiri dari berbagai organisme, salah satunya yaitu makrozoobentos. Sedangkan untuk komponen abiotik terdiri dari parameter fisika dan kimia. Pengukuran struktur komunitas makrozoobentos dilakukan dengan menggunakan indeks biotik BMWP-ASPT, indeks keanekaragaman shanon wiener, indeks Simpson, indeks evenness, dan indeks margalef. Sedangkan komponen abiotik yang diukur meliputi pengukuran kecepatan arus, suhu, debit, pH, TSS, TDS, DO, BOD, COD dan COD. Komponen biotik dan abiotik saling berkaitan atau memiliki korelasi dalam hubungannya dengan keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator. Analisis yang digunakan untuk mengetahui potensi makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air adalah analisis R. Banyaknya aktivitas di sekitar sungai memengaruhi kualitas air di dalamnya.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode eksplorasi. Tujuan digunakannya jenis dan metode penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di hulu Sungai Sampean, Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso.

3.2 Waktu dan tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Desember tahun 2022 di hulu Sungai Sampean, Kecamatan Maesan, Kabupaten Bondowoso. Pengambilan sampel dilakukan di 5 stasiun dengan kondisi sekitar stasiun yang berbeda. Identifikasi makrozoobentos dilaksanakan di Laboratorium Optik Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Parameter kimia-fisika air yang diamati langsung di lokasi penelitian meliputi kecepatan arus, suhu, pH, dan debit air. Sedangkan parameter fisika kimia yang diamati di Laboratorium Lingkungan Hidup Perum Jasa Tirta I Kota Malang meliputi TSS, TDS, BOD, COD, dan DO.

3.3 Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini salah satunya adalah jaring surber dengan ukuran mata jaring 1 mm (Ramadini, 2019). Alat lainnya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu termometer, pH meter, TDS meter, pelampung, wadah kaca gelap, wadah kaca bening, kuas, pinset, kertas label, nampan, penggaris, kamera, mikroskop, alat tulis, serta buku identifikasi. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu meliputi tali rafia, alkohol 70%, sampel air, dan sampel makrozoobentos.

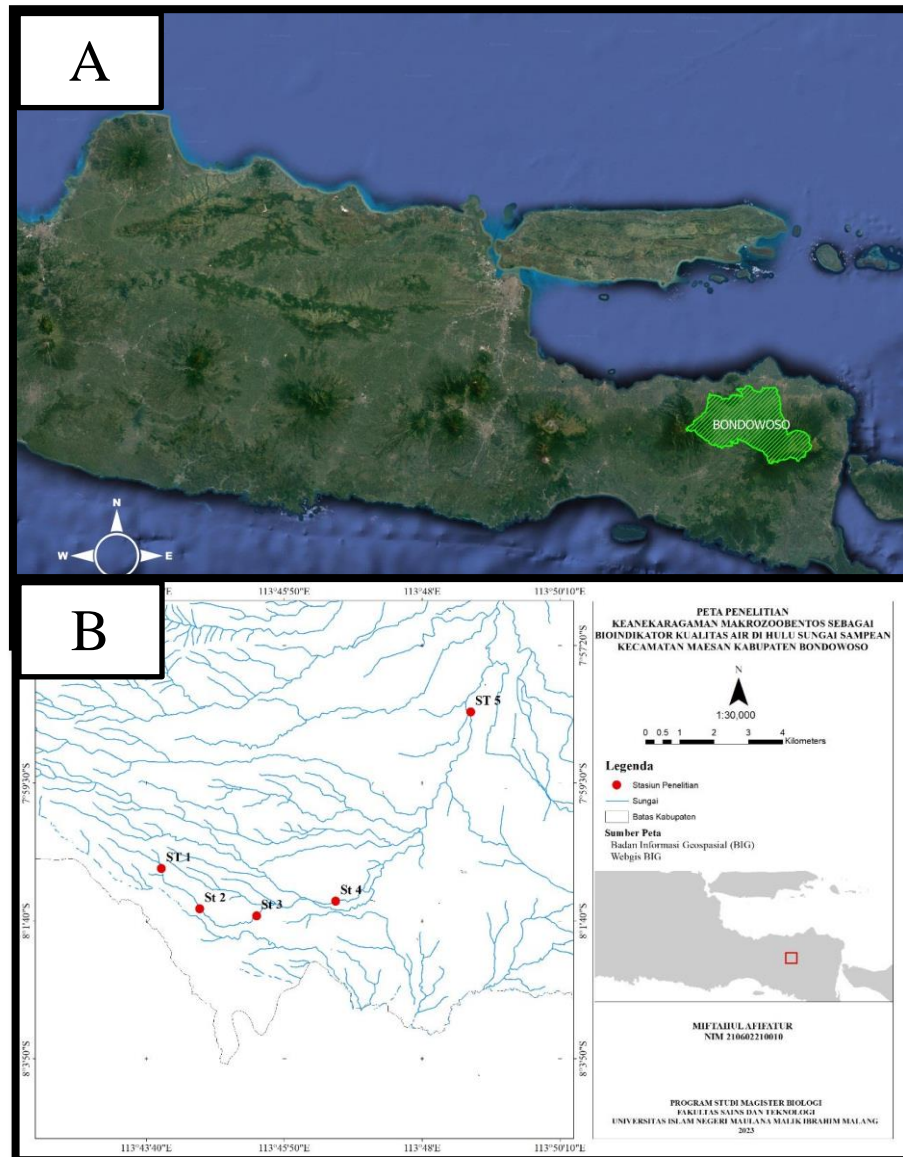
3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Studi pendahuluan

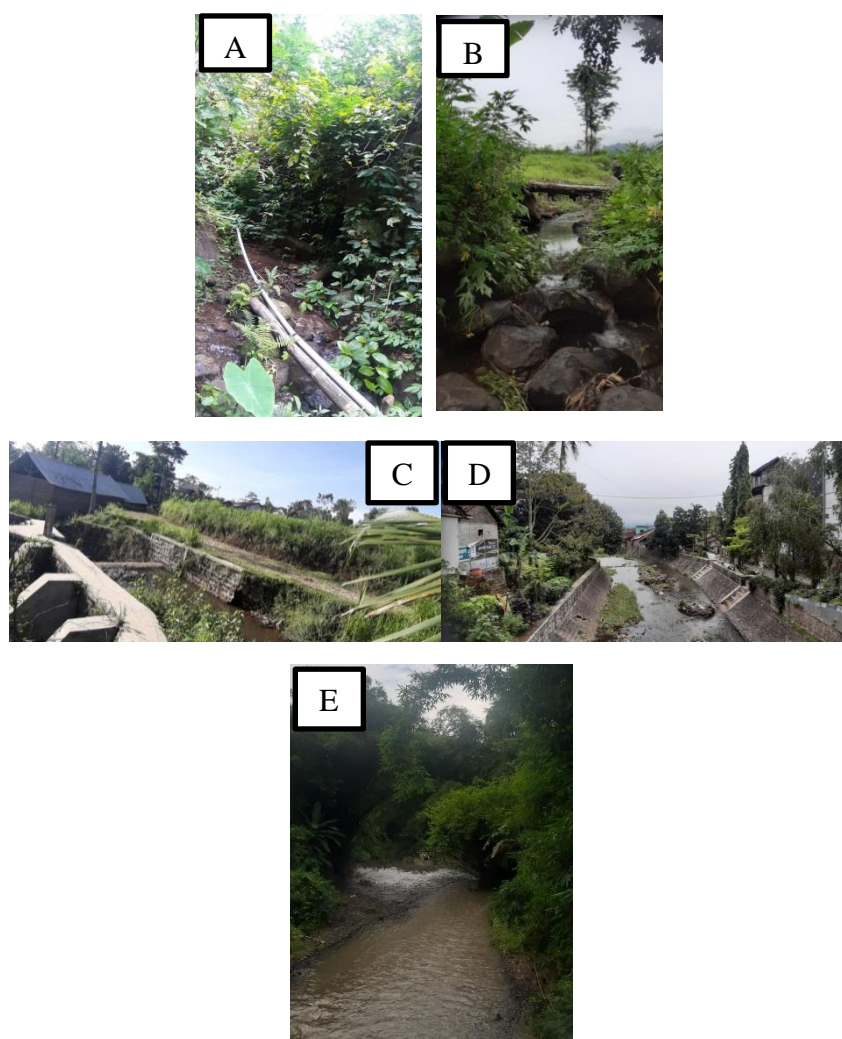
Studi pendahuluan dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan stasiun penelitian. Metode yang digunakan dalam penentuan stasiun penelitian adalah *Purposive Sampling*. Penentuan stasiun penelitian didasarkan pada kondisi lingkungan sekitar stasiun, lokasi perairan serta aktivitas masyarakat sekitar stasiun. Deskripsi kondisi stasiun disajikan pada Tabel 3.1. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.1 sedangkan gambar lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.2.

Tabel 3.1. Deskripsi kondisi stasiun penelitian

Stasiun	Deskripsi	Titik Koordinat
I	Dekat dengan mata air, jauh dari pemukiman, dekat dengan perkebunan, sisi kanan dan kiri tebing batu serta tutupan oleh tumbuhan yang cukup rindang.	S08°01.453'E113°42.468'
II	Jauh dari pemukiman, terdapat ladang jagung pada salah satu sisi sungai, terdapat tutupan pohon pada kedua sisi sungai, arus deras.	S08°01.479'E113°44.508'
III	Dekat dengan pemukiman, terdapat persawahan pada salah satu sisi sungai, kecepatan arus mulai lambat	S08°01.589'E113°45.400'
IV	Sisi kanan dan kiri adalah pemukiman penduduk yang sangat padat, arus sangat lambat	S08°01.355'E113°46.646'
V	Dekat dengan persawahan, dekat dengan tempat wisata kolam renang, dekat dengan pemukiman	S07°58.380'E113°48.767'



Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian (Qgis, 2023). (A) Jawa Timur, (B) Stasiun penelitian.



Gambar 3.2. Foto lokasi penelitian (Dokumen pribadi, 2023). (A) Stasiun I, (B) Stasiun II, (C) Stasiun III, (D) Stasiun IV (E) Stasiun V

3.4.2 Pengambilan sampel makrozoobentos dan sampel air

Pengambilan sampel dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap stasiun. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan plot 1×1 meter. Diletakkan jaring surber pada posisi yang berlawanan arah arus air. Diaduk substrat yang berada di jaring surber selama lima menit. Diambil sampel makrozoobentos yang berada di batuan pada jaring surber serta yang melekat di jaring surber dengan menggunakan kuas. Diletakkan seluruh sampel makrozoobentos pada nampan kemudian dimasukkan pada wadah dengan alkohol 70% lalu diberi label. Diambil sampel air

pada tiap stasiun kemudian dimasukkan ke dalam wadah. Dimasukkan seluruh sampel air pada kotak pendingin lalu diawetkan dalam suhu dingin dengan menambahkan *icepack* di dalamnya. Dibawa sampel untuk kemudian diidentifikasi di Laboratorium.

3.4.3 Identifikasi makrozoobentos

Diamati morfologi sampel makrozoobentos dengan menggunakan mikroskop kemudian didokumentasikan. Identifikasi sampel makrozoobentos dilakukan hingga tingkat genus dengan menggunakan Gerber & Gabriel (2002), Oscoz *et al.* (2011) Rufusova *et al.* (2017) serta beberapa jurnal pendukung. Tabel perekam data untuk jumlah sampel yang didapatkan disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Perekam data

No	Ordo	Famili	Genus	St 1			St 2			Dst		
				UI	U2	U3	UI	U2	U3			

3.4.4 Pengukuran parameter fisika-kimia air

Parameter fisika-kimia yang diukur langsung di lokasi penelitian meliputi kecepatan arus, suhu, TDS, dan pH dan debit air. Suhu diukur menggunakan termometer. TDS diukur menggunakan TDS meter. Pengukuran kecepatan arus berdasarkan metode Desinawati dkk. (2018) yaitu menggunakan benda yang dalam hal ini adalah pelampung kemudian dihanyutkan menggunakan tali dengan panjang tertentu. Panjang tali dibagi dengan waktu yang diperoleh menggunakan stopwatch adalah cara untuk menentukan kecepatan arus. Sampel air yang didapatkan

kemudian disimpan di dalam kotak pendingin dan perlu untuk tetap dipantau agar sampel tidak membeku (Musselman, 2012). Sedangkan debit air diukur menggunakan rumus dasar debit air menurut (Asdak (1995) yaitu :

$$Q = A.V$$

Keterangan :

Q = Debit air (m³/detik)

A = Luas penampang sungai (lebar sungai/rata-rata kedalaman sungai)(m²)

V = Kecepatan air rata-rata (m/detik)

Parameter fisika-kimia lainnya seperti TSS, DO, BOD, dan COD diukur di Laboratorium. DO dianalisa dengan metode APHA 4500-O-G-2017, COD dengan metode SNI 6989.2.2009, BOD dengan metode APHA 5210 B-2017, dan TSS dengan metode APHA 2540 D-2017.

3.5 Analisis data

3.5.1 Analisis Komunitas

Analisis komunitas makrozoobentos menggunakan software past 4.03. Analisis komunitas yang dilakukan meliputi Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener, Indeks Dominansi, Indeks Kemerataan Evenness, dan Indeks Kekayaan Margalef.

3.5.3 Indeks biotik BMWP-ASPT

Sampel dianalisis dengan memberikan skor antara 1 dan 10 untuk masing-masing kelompok atau famili sesuai dengan sensitivitas atau toleransi terhadap pencemaran pada ekosistem perairan sesuai tabel 3.3

Tabel 3.3. Skor BMWP

Skor	Kelompok Organisme
10	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae
8	Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae (Ecnomidae), Phylopotamidae
7	Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae (Glossosomatidae), Polycentropodidae, Limnephilidae
6	Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae (Acroloxidae), Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae (Crangonyctidae), Platycnemididae, Coenagriidae
5	Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae (Noteridae), Gyrinidae, Hydrophilidae (Hydraenidae), Clambidae, Scirtidae, Dryopidae, Elmidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae (Dogesiidae), Dendrocoelidae
4	Baetidae, Sialidae, Piscicolidae
3	Valvatidae, Hydrobiidae (Bithyniidae), Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudinidae, Erpobdellidae, Asellidae
2	Chironomidae
1	Oligochaeta

Sumber : Bartram & Balance (1996)

Setiap skor untuk setiap keluarga diwakili dalam sampel untuk situs, dijumlahkan untuk menghasilkan skor BMWP. Skor rata-rata per taksa (ASPT) diperoleh dengan membagi skor BMWP dengan jumlah keluarga dalam sampel mengikuti teknik evaluasi Bartram & Balance (1996) di bawah ini:

$$\text{ASPT} = \text{Skor BMWP} / \text{Jumlah total famili}$$

Nilai ASPT sesuai dengan kualitas air sebagai berikut (Hansel *et al.*, 2006):

- a. 5 dan di atasnya: sangat baik
- b. 4-4.5: baik
- c. 3-3.5: sedang
- d. 2-2.5: buruk
- e. 1-1.5: sangat kotor

3.5.4 Analisis korelasi

Analisis korelasi keanekaragaman genus makrozoobentos dengan parameter fisika kimia air sungai dilakukan berdasarkan Korelasi Kanonikal *Canonical*

Correspondence Analysis (CCA) dan analisis Korelasi Pearson. Analisis dilakukan dengan metode komputerisasi aplikasi PAST 4.03.

3.5.5 Analisis Bioindikator

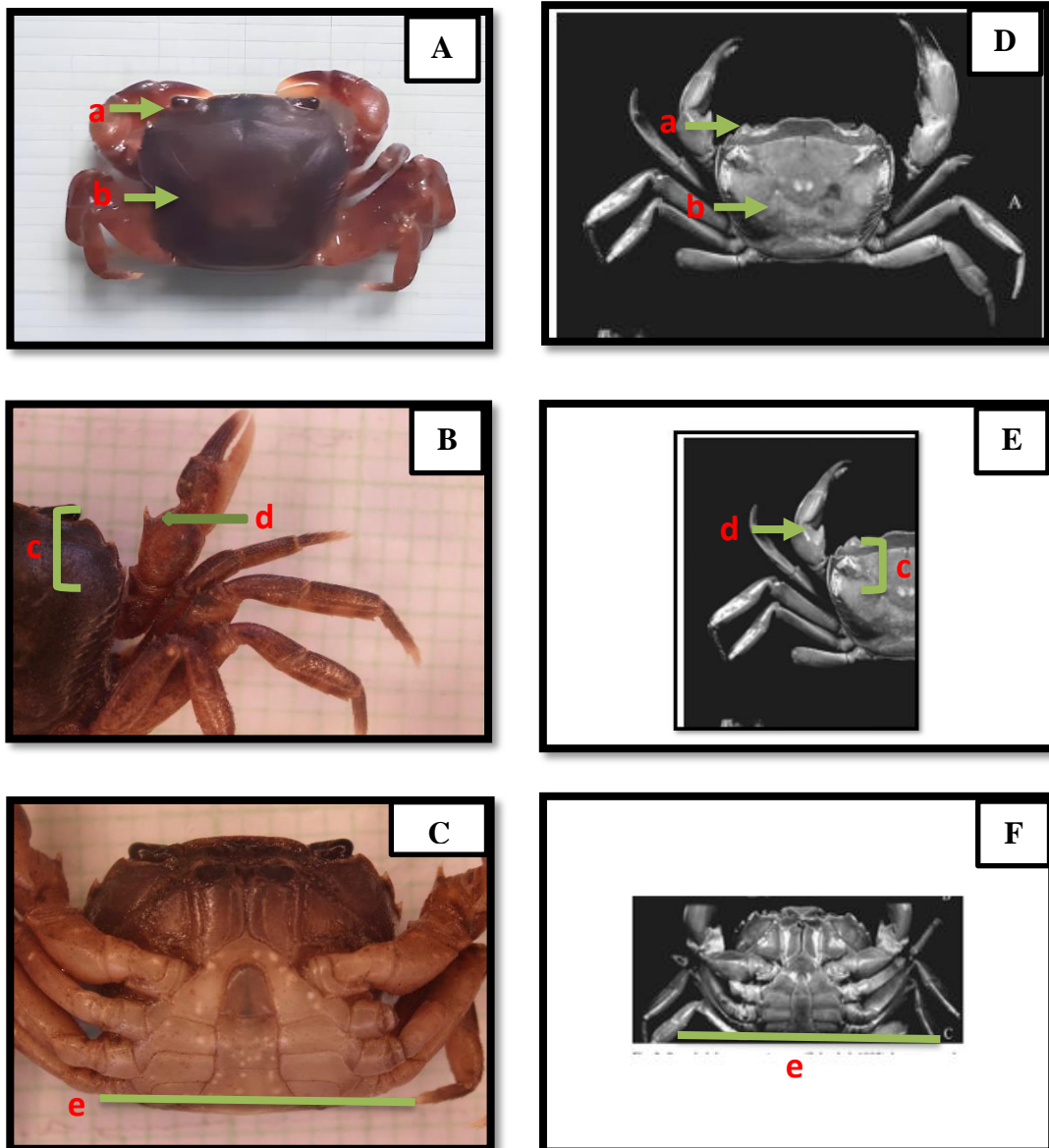
Analisis bioindikator dilakukan untuk mengetahui genus apa yang berpotensi sebagai bioindikator. Analisis ini menggunakan Software R Studio.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi spesimen Makrozoobentos

Penelitian yang dilaksanakan di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso mendapatkan total 317 ekor spesimen yang kemudian diidentifikasi. Identifikasi dilakukan hingga tingkat genus berdasarkan morfologi setiap spesimen. Spesimen yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Spesimen 1



Gambar 4.1. Genus *Parathelphusa* (A,B,C) Foto pengamatan. (D,E,F) Gambar pembandingan (Schenkel, 1902). (a) Mata, (b) Karapas, (c) Gigi antero-lateral, (d) Duri Propodus, (e) Ventral.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen satu memiliki karapas yang berbentuk trapesium, warna karapas merah kecoklatan, terdapat tiga gigi antero-lateral pada kedua tepi karapas serta memiliki ukuran mata yang kecil dan tidak berada pada tepi karapas. Spesimen satu memiliki lima kaki pada salah satu sisi dan empat kaki pada sisi yang lainnya. Pada salah satu kaki terdapat capit. Pada bagian propodus terdapat duri. Karakteristik spesimen satu yang memiliki tiga gigi antero-lateral pada tepi karapas adalah karakteristik khusus dari Genus *Parathelphusa* (Ng, 1997).

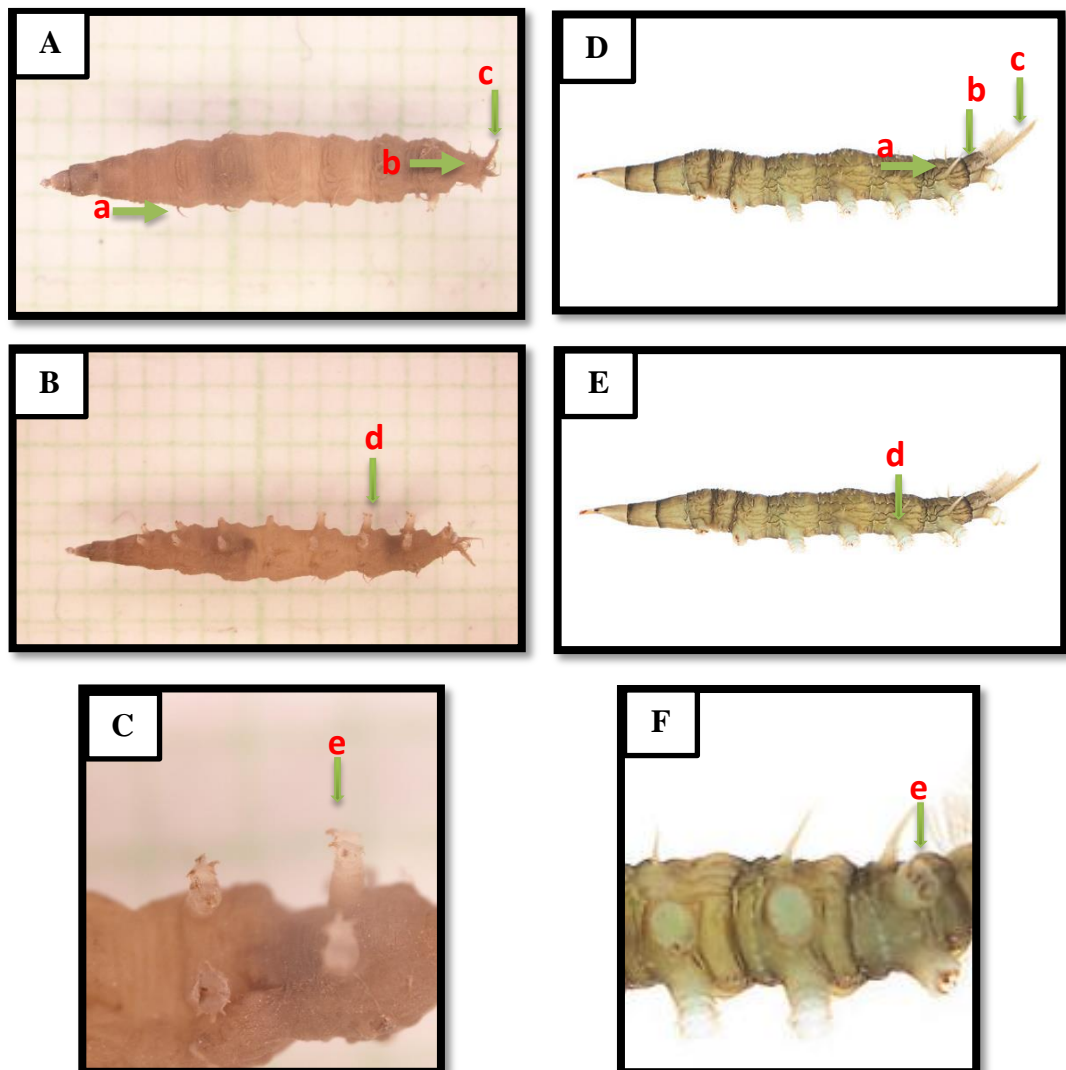
Klasifikasi spesimen satu berdasarkan GBIF (2023) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Malacostraca
Ordo : Decapoda
Famili : Gecarcinucidae
Genus : *Parathelphusa*

Genus *Parathelphusa* memiliki habitat di sungai dengan kedalaman yang dangkal. Genus ini lebih sering berada di lokasi yang lembab pada daerah riparian dan tepi sungai, namun terkadang juga di dalam air. Spesimen ini cenderung ditemukan pada sungai yang berada di dekat pemukiman (Susilo dkk. 2019). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian di mana genus ini ditemukan di stasiun tiga dengan kondisi sekitar yang dekat dengan pemukiman. Kepiting air tawar memiliki peran sebagai predator dan mangsa dalam jarring makanan (Wehrtmann *et al.*

2019). Selain itu kepiting air tawar juga berfungsi sebagai organisme yang mengkonversi nutrisi serta mendaur ulang karbon sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator perairan (Cumberlidge *et al.* 2009).

2. Spesimen 2



Gambar 4.2. Genus *Atherix* (A,B,C) Foto pengamatan. (D,E,F) Gambar pembandingan (Bugguide.net, 2023). (a) Duri, (b) Kepala, (c) Antena, (d) Proleg, (e) Pengait.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen dua memiliki warna kecokelatan, panjang 12 mm dan lebar dua mm, kepala yang lebih kecil dari tubuhnya, memiliki dua antena dua antenna erta terdapat proleg di bagian ventral. Proleg tersebut saling berpasangan dengan bentuk silinder pada setiap ruas perut

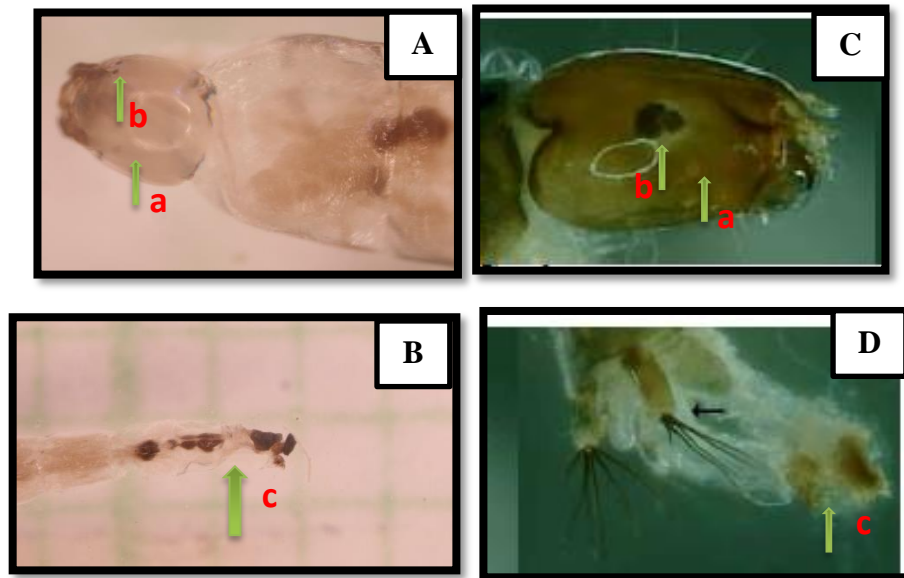
serta terdapat pengait pada setiap proleg. Pengait digunakan yang digunakan untuk menempel pada substrat. Terdapat duri pada tubuh di bagian dorsal dan lateral. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Bugguide.net (2023) spesimen dua digolongkan ke dalam genus *Atherix*.

Klasifikasi spesimen dua berdasarkan Bugguide.net (2023) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Diptera
Famili : Athericidae
Genus : *Atherix*

Genus *Atherix* memiliki Habitat di perairan dengan kandungan oksigen yang baik. Larva sensitif terhadap pencemaran sungai sehingga dijadikan sebagai indikator kualitas air yang baik. Makanannya adalah invertebrata sungai dengan ukuran yang lebih kecil. Siklus hidupnya dimulai dari telur yang melekat pada cabang pohon di tepi sungai, kemudian saat menetas larva jatuh ke air dan hidup selama kurang lebih satu tahun di air, kemudian menjadi kepompong di sepanjang tepi sungai dan kemudian menjadi individu dewasa pada awal musim panas (Bugguide.net, 2023).

3. Spesimen 3



Gambar 4.3. Genus *Gymnometriocnemus* (A,B) Foto pengamatan. (C,D) Gambar pembandingan (Madden, 2010). (a) Kepala, (b) Mata, (c) Procercus.

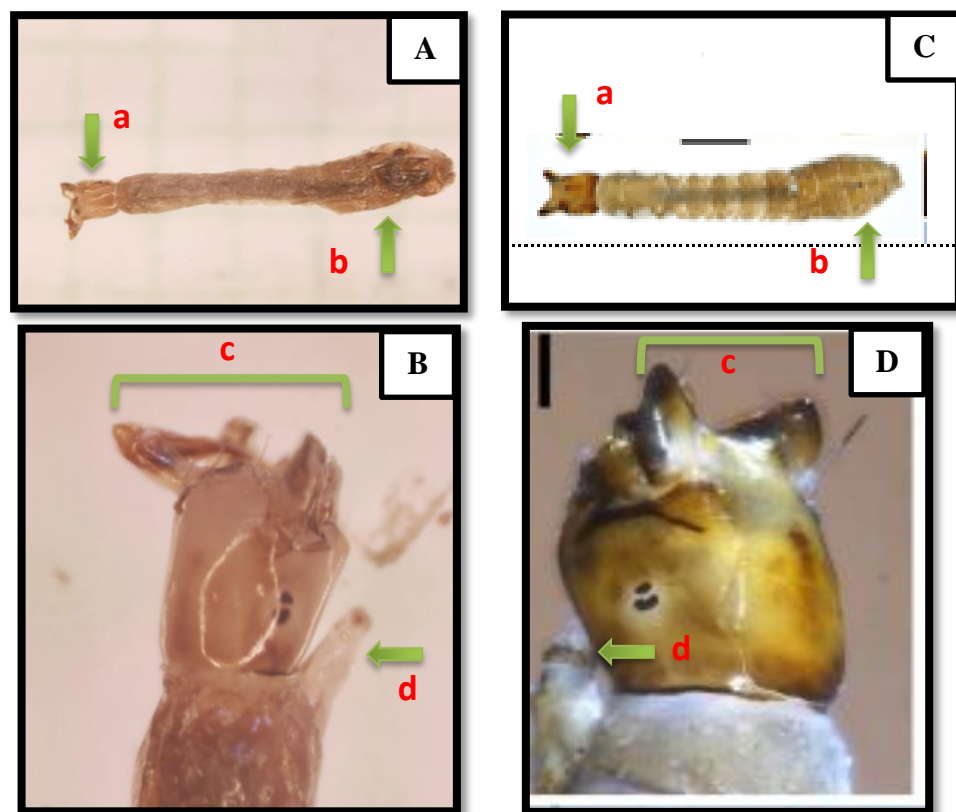
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen tiga memiliki warna kecoklatan dan beberapa bagian tubuhnya transparan. Kepalanya berbentuk seperti kapsul. Spesimen tiga memiliki bintik mata ganda berwarna hitam. Kemudian, karakteristik lain yaitu spesimen tiga memiliki procercus yang menonjol. Berdasarkan karakteristik tersebut menurut Madden (2010) spesimen tiga digolongkan ke dalam genus *Gymnometriocnemus*.

Klasifikasi spesimen tiga berdasarkan GBIF (2023) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Diptera
 Famili : Chironomidae
 Genus : *Gymnometriocnemus*.

Famili Chironomidae memiliki keberagaman dalam pola warna tubuhnya. Kelompok ini dicirikan dengan kepala yang berbentuk kapsul, badan silinder, serta memiliki procercus. Famili Chironomidae adalah kelompok invertebrata yang memiliki fungsi penting di ekosistem. Kelompok ini dapat bertahan pada segala kondisi perairan, baik perairan yang bersih maupun yang tercemar. Cara hidup dari kelompok ini beragam, ada yang membuat lubang di substrat sebagai tempat hidup, ada juga yang hidup di permukaan substrat. Beberapa dari kelompok ini memiliki hemoglobin yang digunakan untuk bertahan hidup saat di kondisi perairan yang tercemar dan terbatas akan oksigen terlarut (Oscoz *et al.*, 2011).

4. Spesimen 4



Gambar 4.4. Genus *Prosimulium* (A,B) Foto pengamatan. (C,D) Gambar pembandingan (Kim, 2020). (a) Kepala, (b) Apikal, (c) Antena, (d) Prothoracic proleg.

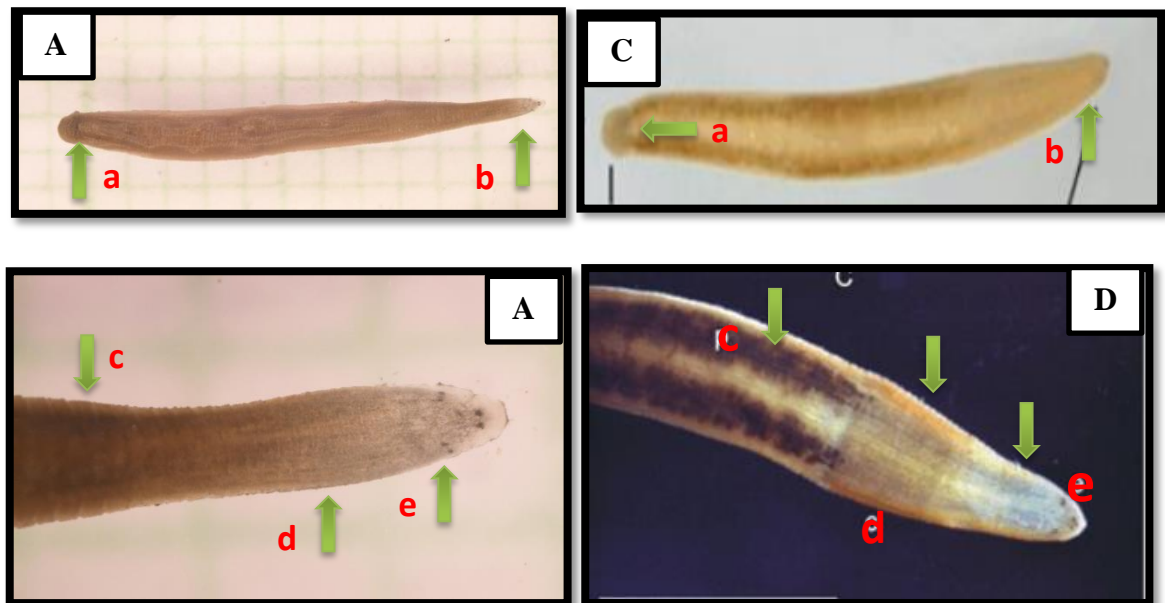
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen empat memiliki tubuh silindris, berwarna kecokelatan, panjang tubuh 5 mm dan lebar tubuh 1 mm. Spesimen empat memiliki dua antena di bagian kepala dengan warna yang cokelat pucat. Pada bagian apikal tubuhnya memiliki bentuk yang membulat. Terdapat Prothoracic proleg di dekat kepala. Menurut Kim (2020) berdasarkan karakter tersebut, spesimen empat digolongkan ke dalam genus *Prosimulium*.

Klasifikasi spesimen empat berdasarkan ITIS (2023) yaitu:

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Diptera
Famili : Simuliidae
Genus : *Prosimulium*

Famili Simuliidae memiliki tubuh sub-silindris dengan dua bagian tubuh yang melebar yaitu pada bagian dada dan pada bagian ujung posterior. Selain itu, famili ini juga memiliki kapsul di bagian kepala. Cakram seperti pengisap terdapat di bagian perut yang digunakan untuk menempel pada substrat. Habitat dari famili ini yaitu di perairan dangkal dengan arus air yang deras dan kuat. Substrat yang menjadi habitatnya meliputi lempengan batu, kerikil, serta batang tumbuhan yang terendam. Struktur perut yang memiliki kemampuan melekat digunakan oleh famili ini untuk melekat di substrat dan menahan kuatnya arus air (Oscoz *et al.*, 2011).

5. Spesimen 5



Gambar 4.5. Genus *Erpobdella* (A,B) Foto pengamatan. (C,D) Gambar pembandingan (Kutschera, 2004). (a) Posterior, (b) Anterior, (c) Pigmentasi, (d) Citellum, (e) Mata.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bentuk tubuh dari spesimen lima adalah silindris dan pipih. Panjang tubuh spesimen 6 adalah 13 mm dan lebarnya 2 mm. Warna tubuhnya kecoklatan. Pada bagian kepala, terdapat tiga pasang mata, satu pasang mata dengan ukuran mata yang besar dan dua pasang lagi dengan ukuran mata yang kecil. Terdapat pigmentasi pada bagian dorsal. Berdasarkan karakteristik tersebut menurut Kutschera (2004) spesimen lima digolongkan ke dalam genus *Erpobdella*.

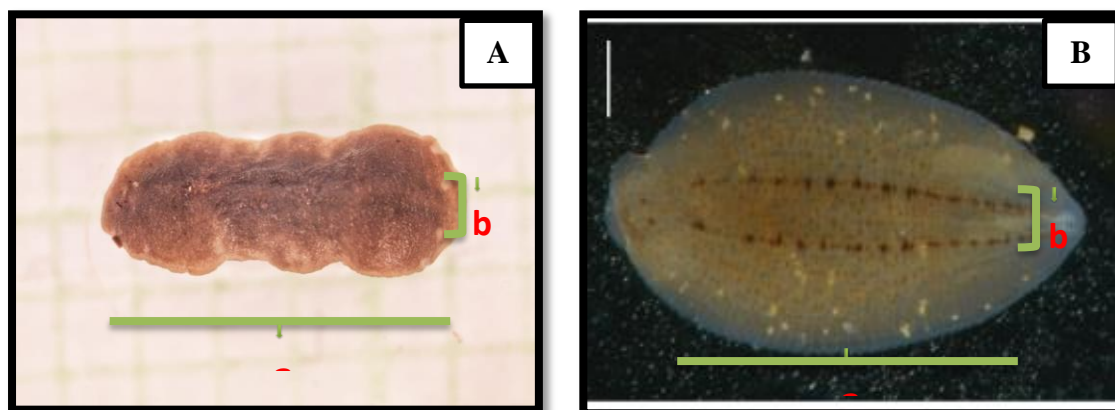
Klasifikasi spesimen lima menurut ITIS (2023) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
 Filum : Annelida
 Kelas : Clitellata
 Ordo : Hirudinida
 Famili : Erpobdellidae

Genus : *Erpobdella*.

Famili Erpobdellidae adalah kelompok lintah dengan bentuk tubuh pipih yang memiliki pengisap anterior yang tidak terlihat dengan jelas serta termasuk kedalam kelompok hermaprodit. Warna tubuh dari famili ini bervariasi, mulai dari coklat kemerahan, coklat keabuan, beberapa kelompok juga memiliki warna tubuh hitam kekuningan. Famili ini dapat ditemukan pada perairan tawar dan beberapa dapat ditemukan di semi-terestrial. Sebagian besar spesies di dalam famili ini adalah predator larva chironomid dan invertebrata yang lain. Distribusi kelompok ini ditentukan oleh ketersediaan makanan. Siklus hidupnya kurang lebih satu tahun. Famili ini dapat hidup dalam berbagai kondisi perairan serta lingkungan yang kaya akan bahan organik, sehingga famili ini dapat dijadikan sebagai indikator perairan tercemar (Oscoz *et al.*, 2011).

6. Spesimen 6



Gambar 4.6. Genus *Glossiphonia* (A) Foto pengamatan. (B) Gambar pembandingan (Kaygorodova, 2015). (a) Dorsal (b) Garis Paramedian.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen enam memiliki bentuk tubuh yang lebar dan pipih. Warna tubuhnya kecokelatan dan transparan. Panjang tubuhnya lima mm dan lebarnya dua mm. Pada bagian dorsal, terdapat

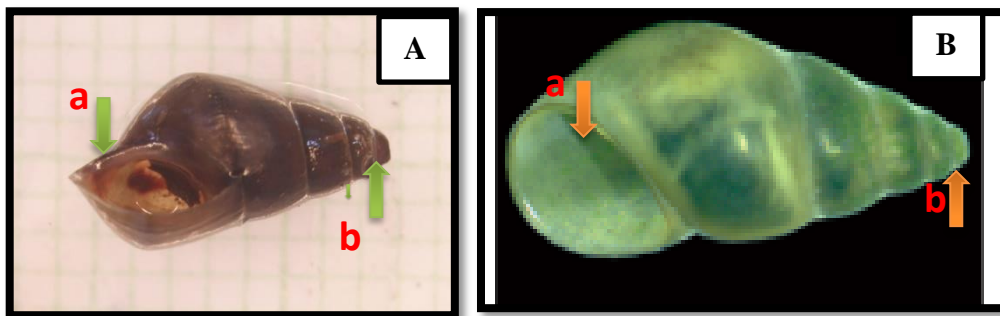
pigmentasi berupa garis paramedian. Berdasarkan karakter tersebut, menurut Kaygorodova (2015) spesimen enam digolongkan ke dalam genus *Glossiphonia*.

Klasifikasi spesimen enam menurut ITIS (2023) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Filum : Annelida
Kelas : Clitellata
Ordo : Hirudinea
Famili : Glossiphoniidae
Genus : *Glossiphonia*

Kelompok lintah bertubuh lebar dan pipih serta memiliki pola di bagian punggung adalah Famili Glossiphoniidae. Habitatnya di perairan tawar dan distribusinya tersebar di seluruh dunia. Seluruh lintah bersifat hermaprodit dan bereproduksi secara seksual. Perkawinan dilakukan secara inseminasi eksternal. Telur yang dihasilkan dierami hingga menetas. Sebagian besar spesies dari famili ini dapat ditemukan hampir di seluruh bagian sungai serta memiliki kemampuan mentoleransi berbagai kondisi fisik dan kondisi kimia. Beberapa anggota famili berperan sebagai pemangsa dari invertebrata yang lebih kecil. Distribusi famili ini dipengaruhi oleh ketersediaan makanan (Oscoz *et al.*, 2011).

7. Spesimen 7



Gambar 4.7. Genus *Potamopyrgus* (A) Foto pengamatan. (B) Gambar pembandingan (Collado, 2014). (a) Operkulum (b) Apex.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen tujuh memiliki warna coklat kehitaman. Panjang tubuhnya sembilan mm dan lebar tubuhnya lima mm. Spesimen ini memiliki cangkang dengan struktur yang keras dan berbentuk bulat telur. Terdapat operkulum di dalam cangkang dengan warna coklat kekuningan. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Collado (2014) spesimen tujuh digolongkan ke dalam genus *Potamopyrgus*.

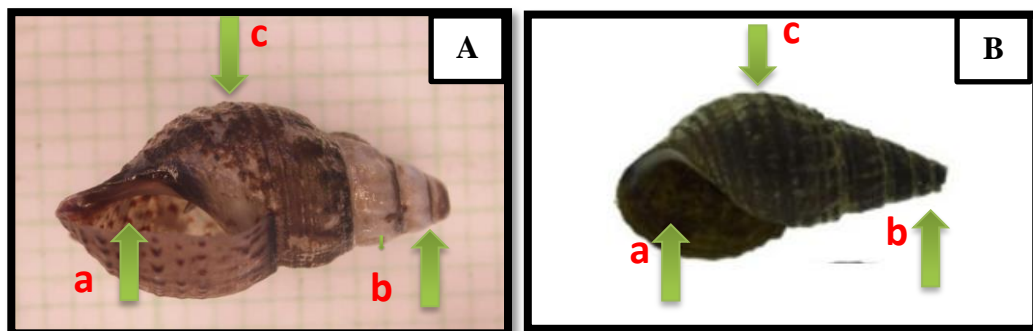
Klasifikasi spesimen tujuh berdasarkan ITIS (2023) yaitu :

Kingdom : Animalia
 Filum : Mollusca
 Kelas : Gastropoda
 Ordo : Littorinimorpha
 Famili : Hydrobiidae
 Genus : *Potamopyrgus*

Famili Hydrobiidae memiliki ukuran tubuh yang relatif kecil dan menjadi salah satu karakteristiknya. Karakteristik cangkang dapat digunakan untuk mengamati konvergensi morfologi cangkang serta variabilitas ekstrim terhadap lingkungan yang menjadi habitat famili ini. Famili ini disebut dengan kelompok *crenophiles* karena memiliki habitat di sungai dan sumber mata air. Beberapa

spesies memiliki reproduksi partenogenetik ovovivipar dan beberapa spesies memiliki jenis kelamin yang terpisah (Oscoz *et al.*, 2011). Peran lain yang dimiliki oleh Genus *Potamopyrgus* yaitu sebagai indikator dari kualitas perairan payau (Butkus *et al.*, 2020).

8. Spesimen 8



Gambar 4.8. Genus *Tarebia* (A) Foto pengamatan. (B) Gambar pembandingan (Isnaningsih dkk. 2018). (a) Operkulum, (b) Apex, (c) Garis Spiral.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen delapan memiliki warna kombinasi kuning, coklat muda hingga coklat tua. Panjangnya 14 mm dan lebarnya 7 mm. Spesimen delapan memiliki cangkang yang berbentuk memanjang dan sedikit tebal. Terdapat Sembilan garis spiral yang sama menonjolnya dengan garis aksial sehingga terbentuk struktur yang menonjol pada cangkang. Operkulum berbentuk paucispiral. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Isnaningsih dkk. (2018) spesimen delapan digolongkan ke dalam genus *Tarebia*.

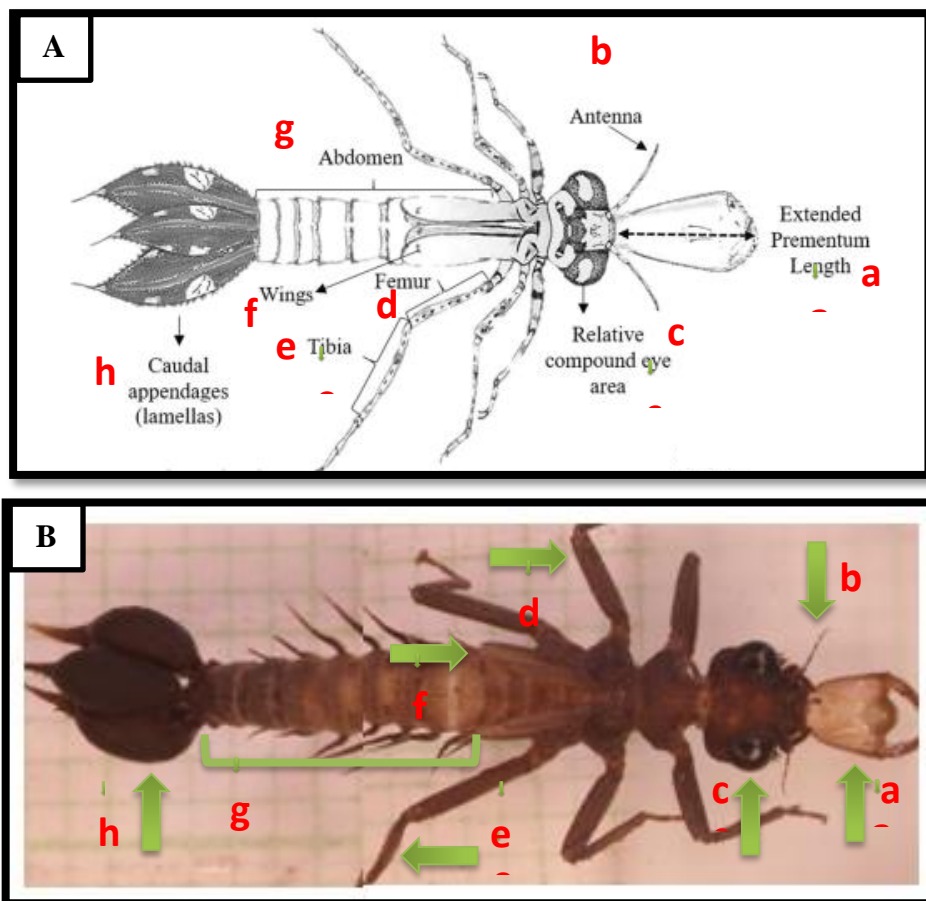
Klasifikasi spesimen delapan berdasarkan ITIS (2023) yaitu :

Kingdom : Animalia
 Filum : Mollusca
 Kelas : Gastropoda
 Ordo : Neotaenioglossa
 Famili : Thiaridae

Genus : *Tarebia*

Famili Thiaridae merupakan kelompok Gastropoda memiliki habitat di hampir disemua tipe perairan tawar, baik alami (sungai besar/kecil, danau dan rawa) maupun buatan (waduk, bendungan, embung, situ dan drainase). Hal ini disebabkan karena beberapa spesies dari Famili Thiaridae memiliki toleransi yang tinggi terhadap berbagai karakteristik lingkungan perairan tawar (Isnainingsih, 2021). Famili Thiaridae ditemui di semua stasiun dan mendominasi, karena famili ini termasuk makroinvertebrata yang tahan terhadap pencemaran (Purnama dkk. 2020).

9. Spesimen 9



Gambar 4.9. Genus *Euphaea* (A) Foto pengamatan. (B) Gambar pembandingan (Mendes *et al.*, 2020). (a) Prementum, (b) Antena, (c) Mata, (d) Femur, (e) Tibia (f) Sayap, (g) Abdomen, (h) Lamela.

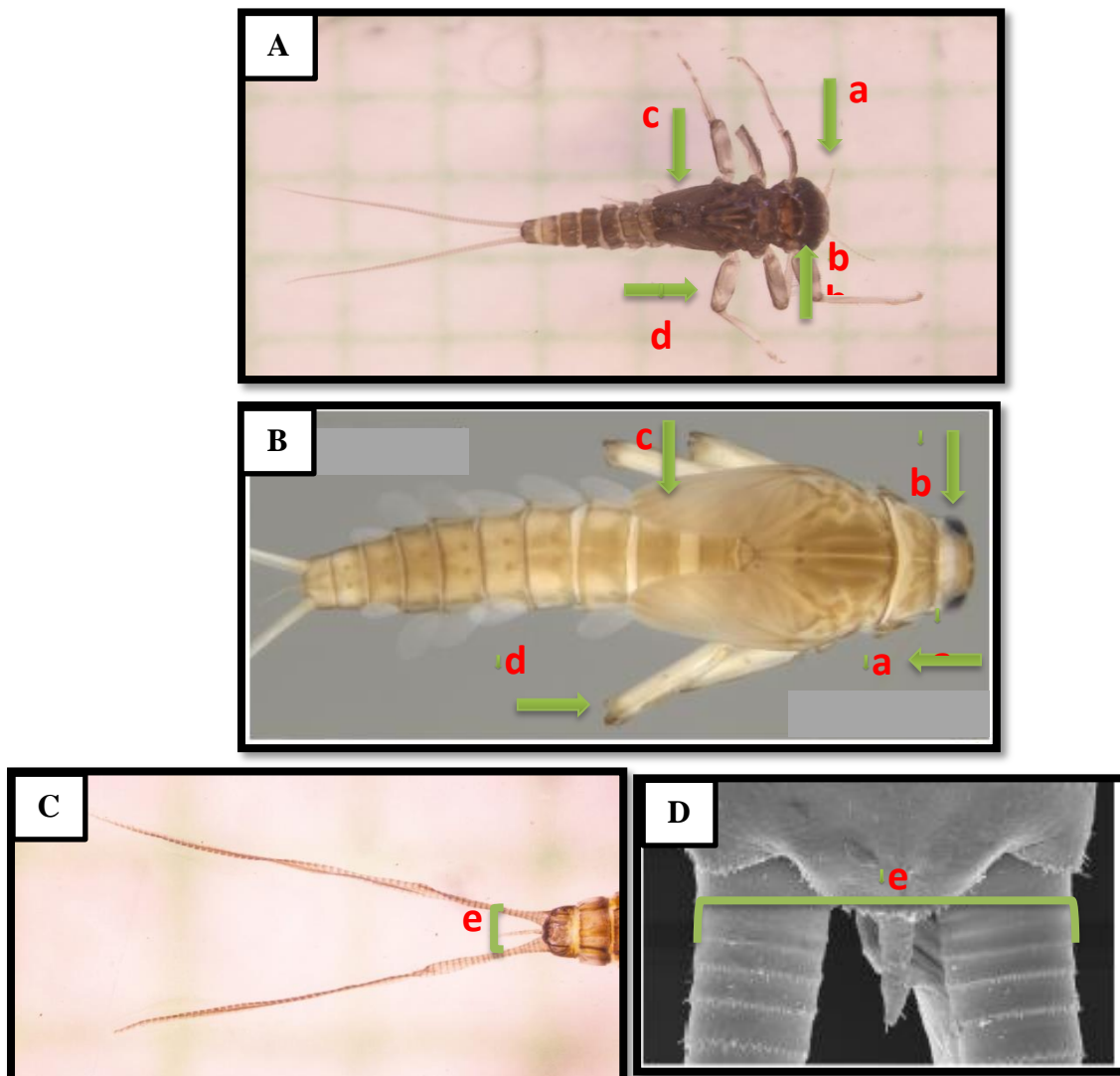
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen sembilan memiliki warna tubuh coklat keabu-abuan. Pada bagian kepala, terdapat bercak berwarna kuning, sepasang mata yang berbentuk bulat dan berwarna hitam serta memiliki dua antena. Pada bagian di dekat posterior, spesimen ini memiliki tiga lamella. Spesimen ini memiliki tiga pasang kaki dan setiap kaki terdiri dari tibia dan femur. Selain itu, spesimen ini juga memiliki prementum yang memanjang. Pada bagian dorsal, juga terdapat bantalan sayap. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Mendes *et al.*, (2020) spesimen ini digolongkan ke dalam genus *Euphaea*.

Klasifikasi spesimen sembilan berdasarkan ITIS (2023) yaitu :

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Odonata
Famili : Euphaeidae
Genus : *Euphaea*

Famili Euphaeidae tersebar di Asia tropis sebanyak 60 spesies dan 8 spesies yang dapat dijumpai di Borneo (Orr, 2003). Persebaran Famili Euphaeidae dipengaruhi oleh kondisi geologis dan iklim. Famili ini memiliki karakter sensitif terhadap suhu dan ketersediaan oksigen terlarut. Oleh karena itu, famili ini dapat menjadi indikator dari kualitas perairan. Anggota famili ini dapat ditemukan di daerah sungai yang berada di pegunungan (Phan *et al.*, 2018).

10. Spesimen 10



Gambar 4.10. Genus *Baetis* (A,C) Foto pengamatan. (B,D) Gambar pembandingan (Godunko *et al.*, 2017). (a) Antena, (b) Mata, (c) Bantalan Sayap, (d) Kaki, (e) Sersi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen sepuluh memiliki warna tubuh coklat muda hingga coklat tua. Panjang tubuhnya 6 mm dan lebar 5 mm. Spesimen sepuluh memiliki tubuh yang pipih. Pada bagian kepala, terdapat dua antenna dan mata yang berwarna coklat kehitaman. Spesimen ini memiliki enam kaki dan memiliki tiga sersi dengan ukuran yang berbeda, di mana dua sersi memiliki ukuran yang panjang dan satu sersi di bagian tengah memiliki ukuran yang lebih pendek dengan struktur sersi yang membentuk garis spiral. Kemudian,

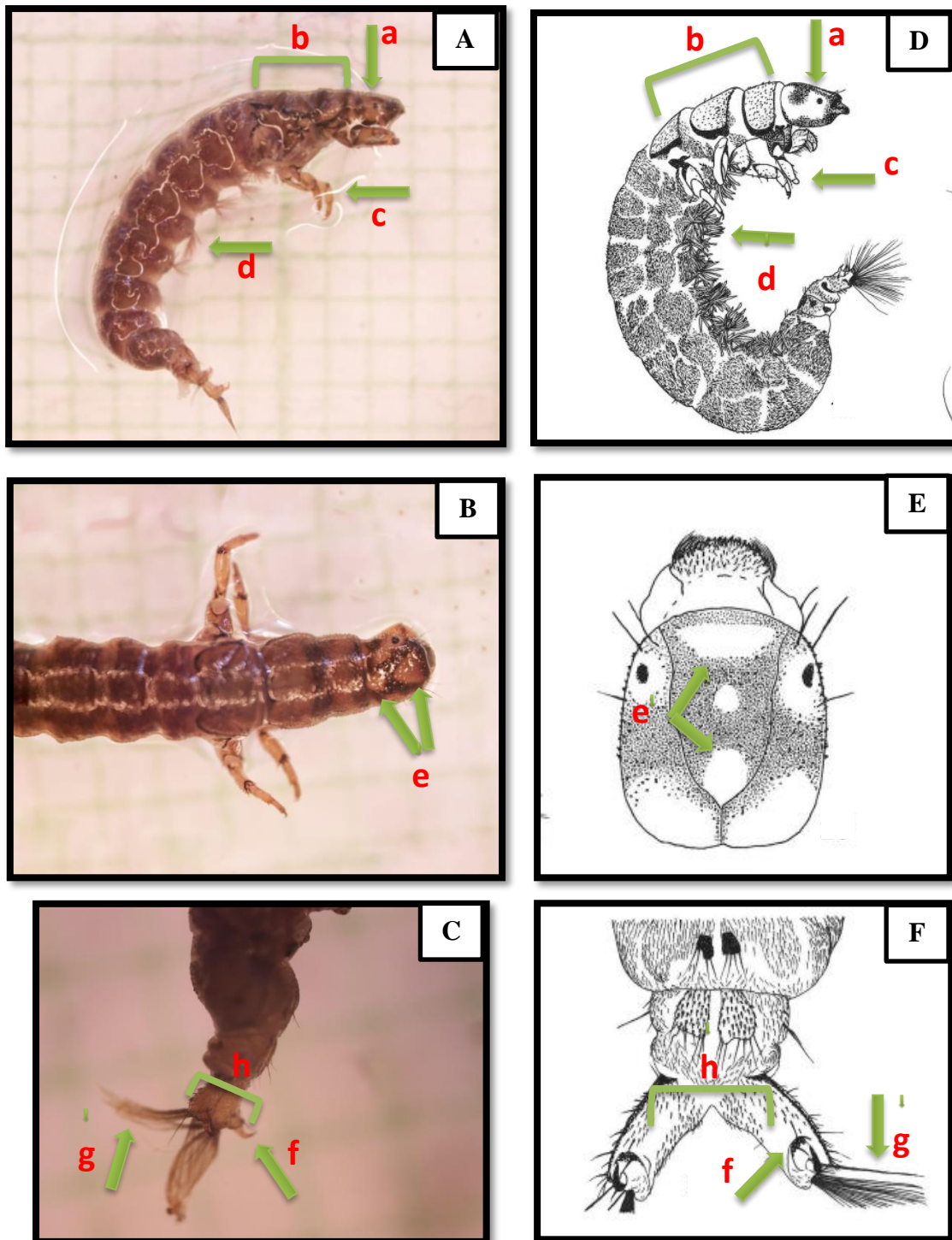
pada spesimen ini terdapat bantalan sayap di bagian dorsal. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Godunko *et al.*, (2017) spesimen sepuluh digolongkan ke dalam genus *Baetis*.

Klasifikasi spesimen sepuluh berdasarkan ITIS (2023) yaitu :

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Ephemeroptera
Famili : Baetidae
Genus : *Baetis*

Famili Baetidae memiliki bentuk tubuh subsilinder. Mata berada pada dorsolateral dan terdapat dua antena di bagian kepala. Anggota famili ini memiliki enam hingga tujuh pasang insang di sisi abdomen. Pada bagian anal, terdapat sersi yang lebih panjang atau sama dengan filamen terminal. Anggota famili ini mirip dengan Siphonuridae namun pada anggota famili ini tidak memiliki duri belakang. Anggota famili ini dapat ditemui di seluruh jenis sungai, baik perairan mengalir maupun tergenang. Habitatnya berada di substrat pasir dan kerikil. Anggota famili ini dapat berenang dengan baik sehingga habitatnya di perairan dengan arus yang kuat. Sebagian anggota famili ini dapat mentoleransi pencemaran di perairan namun sebagian yang lain tidak (Oscoz *et al.*, 2011).

11. Spesimen 11



Gambar 4.11. Genus *Hydropsyche* (A,B,C) Foto pengamatan. (D,E,F) Gambar pembanding (Prommi, 2016). (a) Kepala, (b) Segmen, (c) Kaki, (d) Setae, (e) Tanda Kuning, (f) Cakar, (g) Setae, (h) Sterna.

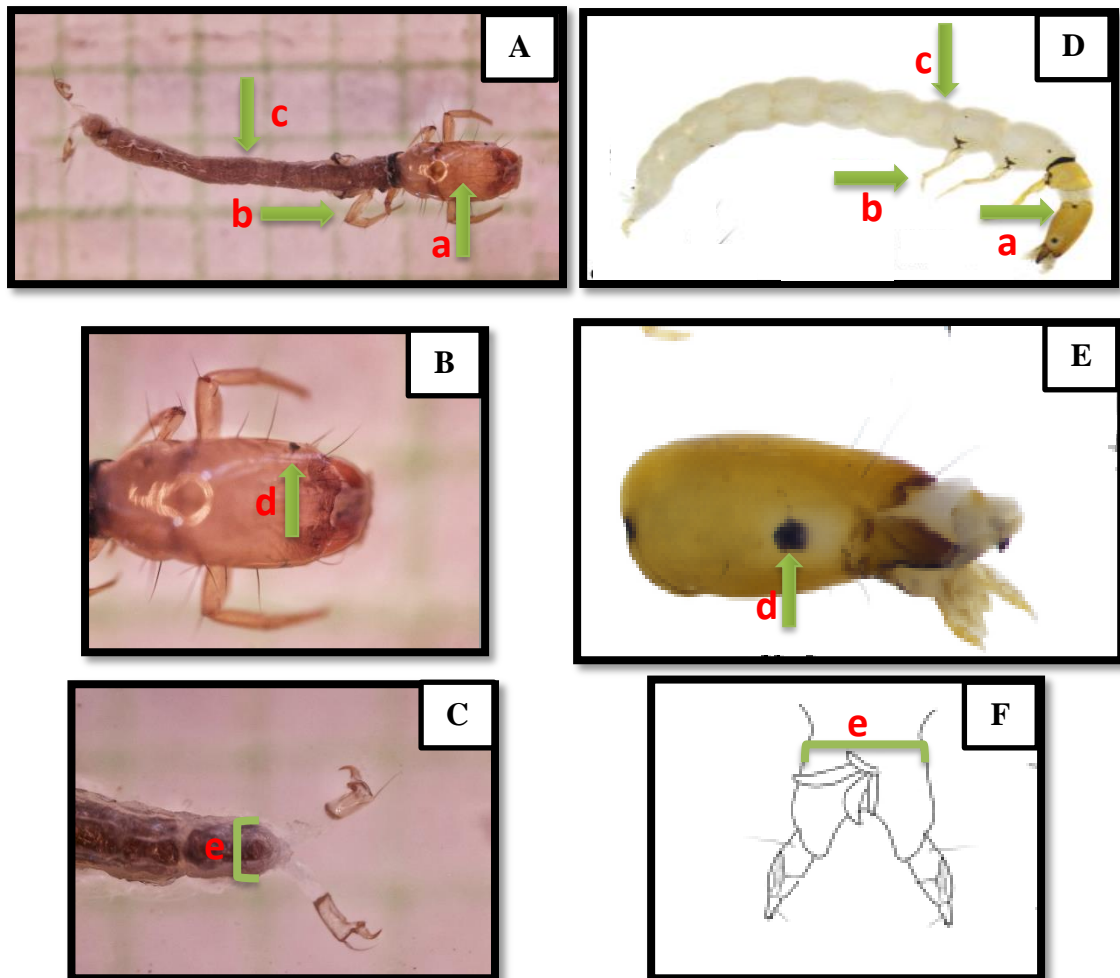
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen 11 memiliki warna tubuh coklat kekuningan. Panjang tubuhnya 12 mm dengan lebar tubuh 5 mm. Pada bagian dorsal kepala terdapat dua mata dan dua tanda kuning. Tanda bagian depan berbentuk huruf T dan tanda bagian belakang berbentuk melingkar. Pada bagian toraks, terdapat tiga segmen. Kemudian, terdapat kumpulan setae yang menutupi abdomen dan hal tersebut menjadi karakteristik dari genus *Hydropsyche*. Abdomen dibagi menjadi sembilan sternum. Pada bagian anal, terdapat sterna dengan cakar bengkok dan kumpulan setae. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Prommi (2016) spesimen 11 digolongkan ke dalam genus *Hydropsyche*.

Klasifikasi spesimen 11 berdasarkan ITIS (2023) yaitu :

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Trichoptera
Famili : Hydropsychidae
Genus : *Hydropsyche*

Salah satu peran yang dimiliki oleh genus *Hydropsyche* yaitu berperan sebagai indikator pencemaran di habitat lotik dikarenakan memiliki kisaran toleransi yang luas (Garima, 2021). Famili Hydropsychidae memiliki cakar di segmen terakhir yang digunakan untuk bergerak. Saat perutnya dijentikkan famili ini dapat mengambang dalam posisi ventrikanal. Warna tubuhnya meliputi warna hijau dan coklat. Habitat dari famili ini yaitu di bawah batu, butiran pasir dan sungai dengan arus yang deras (Gerber dan Gabriel, 2002).

12. Spesimen 12



Gambar 4.12. Genus *Chimarra* (A,B,C) Foto pengamatan. (D,E,F) Gambar perbandingan (Hu *et al.*, 2018). (a) Kepala, (b) Kaki, (c) Abdomen, (d) Mata, (e) Proleg.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen 12 memiliki warna tubuh coklat, kepala dan kaki kuning pucat dan struktur bagian anal putih. Panjang spesimen ini yaitu 8 mm dengan lebar 2 mm. Pada bagian kepala terdapat dua mata pada bagian tepi kepala serta terdapat satu segmen yang menyambung dengan kepala. Terdapat setae pada sisi kepala dari spesimen ini. Kemudian, spesimen ini memiliki tiga pasang kaki. Pada bagian anal, terdapat proleg dengan cakar dan setae. Berdasarkan karakteristik tersebut, menurut Hu *et al.*, (2018) spesimen ini digolongkan ke dalam genus *Chimarra*.

Klasifikasi spesimen 12 berdasarkan ITIS (2023) yaitu :

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Trichoptera
Famili : Philopotamidae
Genus : *Chimarra*

Famili Philopotamidae merupakan larva dengan struktur tubuh yang tidak rata. Kepala berwarna kuning hingga kecokelatan. Pada bagian abdomen tidak terdapat insang. Pada bagian anal terdapat proleg dengan cakar yang melekat. Larva membuat tempat perlindungannya sendiri berupa kantong yang dibangun di dasar batu. Habitat dari famili ini adalah di bagian hulu sungai dengan suhu rendah, kondisi perairan yang kaya akan oksigen serta perairan dengan arus yang kuat. Oleh karena itu, memiliki peran sebagai indikator perairan yang bersih (Oscoz *et al.*, 2011).

Total spesimen makrozoobentos yang didapatkan yaitu 317 spesimen yang terdiri dari 12 genus. Pada stasiun satu didapatkan 58 spesimen dari 6 genus. Pada stasiun dua didapatkan 68 spesimen dari 8 genus. Pada stasiun tiga didapatkan 71 spesimen dari 6 genus. Pada stasiun empat didapatkan 70 spesimen dari 5 genus. Sedangkan pada stasiun lima didapatkan 50 spesimen dari 4 genus. Rincian total spesimen makrozoobentos yang didapatkan disajikan pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Total spesimen makrozoobentos

No	Ordo	Famili	Genus	Stasiun					Total
				I	II	III	IV	V	
1	Decapoda	Gecarcinucidae	<i>Parathelphusa</i>	0	0	2	0	0	2
2	Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i>	0	1	0	0	0	1
3	Diptera	Chironomidae	<i>Gymnometriocnemus</i>	0	0	1	2	0	3
4	Diptera	Simuliidae	<i>Prosimulium</i>	9	1	0	0	0	10
5	Hirudinida	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	0	1	0	0	0	1
6	Hirudinida	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia</i>	19	27	8	4	0	58
7	Littorinimorpha	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>	16	17	19	18	16	86
8	Neotaenioglossa	Thiaridae	<i>Tarebia</i>	0	0	0	0	4	4
9	Odonata	Euphaeidae	<i>Euphaea</i>	2	2	0	0	0	4
10	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	0	15	40	10	20	85
11	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	11	4	1	36	10	62
12	Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	0	0	0	0	1
		Total		58	68	71	70	50	317

Genus terbanyak yang didapatkan dari lima stasiun penelitian yaitu terdiri dari 4 genus, meliputi *Glossiphonia* sebanyak 58 spesimen, *Potamopyrgus* sebanyak 86 spesimen, *Baetis* sebanyak 85 spesimen, dan *Hydropsyche* sebanyak 62 spesimen. Genus *Glossiphonia* memiliki habitat di hampir seluruh bagian sungai, sehingga peluang ditemukannya genus ini lebih besar. Hal tersebut menjadi salah satu faktor genus *Glossiphonia* didapatkan dengan jumlah yang banyak. Selain itu, kemampuannya dalam mentoleransi berbagai kondisi fisika dan kimia perairan menjadikan persebarannya juga luas (Oscoz et al., 2011). Genus berikutnya yang ditemukan dengan jumlah yang banyak adalah *Potamopyrgus*. Genus *Potamopyrgus* adalah kelompok gastropoda yang memiliki pergerakan lamban sehingga menyebabkan persentase ditemukannya kelompok ini lebih besar (Andika dkk. 2013). Selain itu, habitat dari genus ini sesuai dengan lokasi penelitian yaitu di daerah hulu sungai dan sumber mata air.

Genus berikutnya yaitu *Hydropsyche* dengan total spesimen yang didapatkan sebanyak 62. Kelompok genus *Hydropsyche* dapat ditemukan mulai dari hulu

hingga muara sungai (Ficsor & Csabai, 2021). Kondisi habitat tersebut menjadikan peluang ditemukannya *Hydropsyche* lebih tinggi sehingga jumlah yang didapatkan juga lebih banyak. Selain itu menurut Rufusova *et al.*, (2017) genus *Hydropsyche* tahan terhadap kondisi perairan dengan kandungan organik tinggi sehingga hal tersebut menyediakan lebih banyak makanan untuk genus *Hydropsyche* yang menjadikan genus ini banyak ditemukan di berbagai bagian sungai. Genus berikutnya yaitu genus *Baetis* yang salah satu karakteristiknya yaitu tahan terhadap berbagai kondisi perairan (Oscoz *et al.*, 2011). Kondisi tersebut menjadikan kelompok genus ini dapat bertahan di berbagai bagian perairan. Hal tersebut menjadikan peluang didupatkannya genus ini lebih tinggi.

4.2 Analisis struktur komunitas

Indeks	Stasiun				
	I	II	III	IV	V
Shannon Wiener (H')	1,511	1,503	1,142	1,234	1,255
Dominansi (D)	0,244	0,273	0,402	0,355	0,308
Evenness (E)	0,755	0,562	0,522	0,687	0,877
Margalef (R)	1,231	1,659	1,173	0,941	0,766

Keterangan

- Stasiun I : Dekat dengan mata air
- Stasiun II : Dekat dengan persawahan
- Stasiun III : Dekat dengan persawahan dan terdapat pemukiman penduduk namun tidak padat
- Stasiun IV : Dekat dengan pemukiman penduduk yang padat
- Stasiun V : Dekat dengan wisata kolam renang

Indeks keanekaragaman yang didapatkan pada setiap stasiun dari yang paling tinggi secara berturut-turut yaitu stasiun I, II, V, IV, dan stasiun III. Sedangkan nilai indeks dominansi berbanding terbalik dengan nilai indeks keanekaragaman. Menurut Krebs (1999) bahwa kategori nilai Indeks Shannon Wiener $H' < 1$ menunjukkan keanekaragaman rendah, $1 < H' < 3$ menunjukkan keanekaragaman sedang, dan $H' > 3$ menunjukkan keanekaragaman tinggi. Sedangkan menurut

Odum (1993) terkait dominansi, saat nilai D mendekati 0 ($D < 0,5$) maka tidak ada jenis yang mendominasi dan saat nilai D mendekati 1 ($D > 0,5$) maka hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat jenis yang mendominasi.

Indeks keanekaragaman di stasiun I adalah sedang sehingga tidak ada dominansi yang ditemukan pada stasiun I. Stasiun I juga menjadi stasiun dengan tingkat keanekaragaman tertinggi dibandingkan dengan empat stasiun lain yang diamati. Ada stasiun I tidak ditemukan jenis yang mendominasi. Nilai indeks keanekaragaman dan indeks dominansi berkaitan dengan lokasi dan lingkungan sekitar dari stasiun I. Stasiun I terletak pada lokasi yang jauh dari pemukiman sehingga tidak ada aktivitas manusia di sekitarnya dengan kondisi di sisi kanan dan kiri adalah tebing yang ditumbuhi dengan pepohonan yang rindang sehingga menghasilkan hawa yang sejuk. Suhu yang rendah di stasiun I yang merupakan dataran tinggi juga merupakan salah satu faktor minimnya aktivitas manusia yang dilakukan di stasiun I (He *et al.*, 2020). Kondisi vegetasi sekitar sungai yang lebih rapat juga memberikan pengaruh terhadap tingginya tingkat keanekaragaman (Abidin dkk. 2018).

Stasiun II menunjukkan indeks keanekaragaman tertinggi kedua setelah stasiun I. Tingkat keanekaragaman di stasiun II adalah sedang, sehingga tidak ditemukan jenis yang mendominasi. Walaupun tertinggi kedua, namun indeks keanekaragaman di stasiun II masih lebih rendah dari stasiun I. Hal ini salah satunya disebabkan karena kondisi lingkungan yang berbeda. Stasiun II memiliki kondisi lingkungan yang jauh dari pemukiman namun dekat dengan sawah milik warga sehingga terdapat aktivitas manusia di sekitarnya. Kondisi tersebut memungkinkan bahwa terdapat limbah sisa aktivitas manusia yang kemudian mengalir ke sungai

dan memengaruhi tingkat keanekaragaman di stasiun II. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suharjono (2021) bahwa aktivitas pertanian dan perkebunan yang menggunakan pupuk akan menghasilkan limbah dan mengalir ke sungai sehingga memengaruhi tingkat keanekaragaman organisme di sungai.

Stasiun III adalah stasiun dengan indeks keanekaragaman sedang namun memiliki nilai paling rendah dibanding stasiun penelitian yang lain. Indeks dominansi pada stasiun III yaitu 0,402 yang menunjukkan bahwa nilai tersebut merupakan nilai paling tinggi dibanding dengan stasiun yang lain. Sebagaimana stasiun penelitian yang lain, kondisi lingkungan yang berbeda dari stasiun penelitian yang lain menjadi salah satu faktor yang memengaruhi indeks keanekaragaman di stasiun III. Kondisi stasiun III dekat dengan persawahan dan dekat dengan pemukiman warga, sehingga kondisi tersebut memungkinkan tidak hanya limbah dari persawahan saja yang mengalir ke sungai, namun ditambah oleh limbah domestik juga. Menurut Purba (2021) masuknya limbah sisa aktivitas manusia secara terus menerus ke sungai akan menyebabkan pencemaran di sungai karena adanya perubahan konsentrasi bahan organik yang kemudian memengaruhi kualitas sungai dan organisme di dalamnya, termasuk makrozoobentos.

Stasiun IV memiliki indeks keanekaragaman dengan urutan nomor empat diurutkan dari yang tertinggi. Indeks dominansi menunjukkan bahwa tidak ada jenis yang mendominasi. Kondisi lingkungan dan aktivitas sekitar stasiun IV memengaruhi tingkat keanekaragaman di stasiun IV. Hal ini dikarenakan, pada stasiun IV kondisi lingkungannya padat akan pemukiman warga sehingga limbah domestik sisa aktivitas warga mengalir langsung menuju sungai. Selain itu, hal lain yang memengaruhi indeks keanekaragaman di stasiun IV juga masukan limbah

yang dibawa arus mulai stasiun I hingga sampai dan berkumpul di stasiun IV. Tumpukan limbah tersebut yang memengaruhi kualitas sungai dan kemudian memengaruhikeberadaan dan persebaran dari makrozoobentos. Menurut Simanjuntak dkk. (2018) kumpulan partikel kecil akan membentuk substrat yang tidak keras seperti lumpur, sedangkan substrat besar terdiri atas batuan. Jumlah kandungan oksigen pada substrat lumpur lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan oksigen pada substrat seperti bebatuan dengan arus yang deras.

Indeks keanekaragaman di stasiun V menempati urutan tertinggi ketiga. Berdasarkan indeks dominansi, menunjukkan tidak ada jenis yang mendominasi. Kondisi lingkungan di sekitar stasiun V yaitu terdapat persawahan, dekat dengan pemukiman penduduk dan dekat dengan tempat wisata kolam renang. Tingkat keanekaragaman yang dimiliki oleh stasiun V masih lebih tinggi dibanding stasiun III di mana jika mengikuti arus aliran air sungai, bahan sisa aktivitas manusia atau limbah akan berkumpul di stasiun yang berada di ketinggian paling rendah, yaitu pada stasiun V. Namun, dalam hal ini, stasiun V tidak berada pada urutan paling rendah dalam tingkat keanekaragaman. Salah satu yang memengaruhiyaitu luas sungai pada stasiun V lebih luas dibanding pada stasiun III. Hal ini sesuai dengan pernyataan Febrian dkk. (2022) bahwa luas sungai memengaruhi jumlah keanekaragaman di dalamnya. Faktor lain yang juga dapat memengaruhitingkat keanekaragaman di stasiun V yaitu kemampuannya dalam melakukan *Self Purification*. Menurut Wifarulah & Nelly (2021) proses alamiah yang dilakukan sungai untuk melaksanakan pemurnian air dari zat pencemar yang terkandung di dalamnya dengan bantuan reareasi.

Indeks pemerataan Evenness yang didapatkan pada setiap stasiun dari yang paling tinggi secara berturut-turut yaitu stasiun V, I, IV, II, dan stasiun III. Menurut Odum (1993) $0 \geq E_s \leq 0,3$ (kemerataan rendah), $0,31 \geq E_s \leq 0,6$ (kemerataan sedang), $0,61 \geq E_s \leq 1$ (kemerataan tinggi). Hasil analisis pada stasiun I yaitu 0,755 (tinggi), stasiun II 0,562 (sedang), stasiun III 0,522 (sedang), stasiun IV 0,687 (tinggi), dan stasiun V 0,877 (tinggi). Nilai Indeks Evenness yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa pemerataan suatu jenis dalam suatu habitat adalah stabil, begitupula sebaliknya. Persebaran yang dimaksud merata yaitu saat dilakukan pengambilan sampel secara acak, peluang didapatkan jenis yang sama besar (Wahyuningsih dkk. 2019). Menurut Pertiwi dkk. (2020) suatu komunitas dikatakan stabil saat jumlah individu dari setiap spesies yang ada terbagi secara merata.

Indeks kekayaan Margalef (R) yang didapatkan pada setiap stasiun dari yang paling tinggi secara berturut-turut yaitu stasiun II, I, III, IV, dan stasiun V. Menurut Magurran (1988) apabila $R \leq 2,5$ (kekayaan jenis rendah), $2,5 \geq R \leq 4$ (kekayaan jenis sedang), $R \geq 4$ (kekayaan jenis tinggi). Hasil Indeks Margalef stasiun I yaitu 1,231 (rendah), stasiun II 1,659 (rendah), stasiun III 1 (rendah), stasiun IV 0,941 (rendah), stasiun V 0,766 (rendah). Indeks Margalef memiliki keterkaitan dengan Indeks Keanekaragaman. Indeks Keanekaragaman yang tinggi juga diikuti dengan Indeks Margalef yang tinggi (Lestari dkk. 2021). Indeks kekayaan Margalef merupakan Indeks yang memiliki sistem pembagian jumlah spesies dengan fungsi logaritma natural, di mana hal tersebut memberikan indikasi bahwa penambahan jumlah spesies berbanding terbalik dengan penambahan jumlah individu. Sehingga

dapat diketahui, bahwa saat dalam suatu komunitas terdapat banyak spesies, maka akan memiliki sedikit jumlah individu pada setiap spesies (Harahap dkk. 2020).

4.3 Analisis Indeks Biotik BMWP – ASPT (*Biological Monitoring Working Party-Average Score Per Taxon*)

Analisis berikutnya yang dilakukan yaitu sensitivitas masing-masing famili terhadap pencemaran pada ekosistem perairan menggunakan Indeks Biotik BMWP – ASPT (*Biological Monitoring Working Party-Average Score Per Taxon*). Hasil analisis disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Indeks Biotik BMWP-ASPT (*Biological Monitoring Working Party-Average Score Per Taxon*)

Indeks Biotik	Stasiun				
	I	II	III	IV	V
BMWP (<i>Biological Monitoring Working Party</i>)	30	38	21	18	16
ASPT (<i>Average Score Per Taxon</i>)	5	4,75	3,5	3,6	4

Keterangan

- Stasiun I : Dekat dengan mata air
- Stasiun II : Dekat dengan persawahan
- Stasiun III : Dekat dengan persawahan dan terdapat pemukiman penduduk namun tidak padat
- Stasiun IV : Dekat dengan pemukiman penduduk yang padat
- Stasiun V : Dekat dengan wisata kolam renang

Hasil skoring BMWP yang merujuk pada Tabel 3.3 menunjukkan famili dengan skor tertinggi yaitu famili Philopotamidae yang hanya didapatkan dari stasiun I dan Athericidae yang hanya didapatkan dari stasiun II dengan skor delapan. Habitat dari famili Philopotamidae adalah di sungai dengan suhu rendah, arus yang kuat serta ketersediaan oksigen yang tinggi atau di daerah hulu (Oscoz *et al.*, 2011). Sehingga famili Philopotamidae menjadi indikator dari perairan bersih.

Hal ini sesuai dengan lokasi ditemukannya famili Philopotamidae yaitu di bagian stasiun I Hulu Sungai Sampean. Famili berikutnya dengan nilai tertinggi yaitu famili Athericidae. Famili ini ditemukan di stasiun II. Menurut Oscoz et al., (2011) Athericidae dapat ditemukan di perairan dengan kualitas air yang baik sehingga menjadi indikator dari kualitas air yang baik.

Hasil analisis berikutnya menunjukkan bahwa secara kumulatif nilai ASPT adalah 4,17. Menurut Hansel *et al.*, (2006) nilai ASPT yang berkisar antara 4 – 4,5 menunjukkan bahwa kualitas air baik. Nilai ASPT lima stasiun yang diamati apabila diurutkan dari yang tertinggi yaitu stasiun I, II, V, IV, dan III. Urutan nilai ini sama dengan urutan indeks keanekaragaman. Kualitas air tertinggi yaitu pada stasiun I dengan nilai ASPT 5 yang menunjukkan bahwa kualitas perairan sangat baik. Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian dari Rahman (2017) bahwa nilai indeks BMWP-ASPT dari hulu ke hilir mengalami penurunan. Dalam penelitian tersebut, dijelaskan bahwa bagian hulu jauh dari kegiatan masyarakat sehingga memiliki kemungkinan yang kecil untuk mengalami pencemaran. Berbeda dengan stasiun setelahnya atau daerah hilir yang lebih berpotensi mengalami pencemaran. Berbeda dengan hasil penelitian tersebut, bahwa penelitian ini mendapatkan nilai ASPT yang didapat tidak konstan saat semakin ke hilir nilai semakin menurun. Hal ini sangat mungkin terjadi, karena tidak bisa dilupakan pula bahwa sungai memiliki kemampuan menghilangkan zat pencemar secara alamiah atau yang disebut dengan *Self Purification* (Wahyuningsih dkk. 2020).

4.4 Parameter fisika-kimia

Parameter berikutnya yang dianalisis yaitu fisika-kimia air. Hasil analisis disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Parameter fisika-kimia sungai

No	Parameter	Rata-rata					Baku Mutu			
		Stasiun					Kelas			
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
1	Suhu (°C)	22,6/ 23,8*	24,13/ 26,0*	24,30/ 26,5*	25,50/ 26,8*	26,0/ 27,6*	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
2	pH	7,08	6,89	7,00	6,99	6,95	6-9	6-9	6-9	6-9
3	TSS (mg/L)	8,93	8,73	105,2 0	17,50	105,4 0	40	50	100	400
4	TDS (mg/L)	120,7	127,5	160,3	174,9	153,6	100 0	100 0	100 0	200 0
5	DO (mg O ₂ /L)	5,53	5,10	5,03	5,10	5,33	6	4	3	1
6	BOD (mg / L)	4,60	4,73	4,58	6,74	5,52	2	3	6	12
7	COD (mg/L)	11,99	14,61	13	19,76	17,91	10	25	40	80
8	Kecepatan Arus (m/s)	0,30	0,30	0,30	0,36	0,33				
9	Debit (m ³ /s)	3	4,55	3,12	3,99	12,07				

Keterangan

(*) Suhu udara

Stasiun I : Dekat dengan mata air

Stasiun II : Dekat dengan persawahan

Stasiun III : Dekat dengan persawahan dan terdapat pemukiman penduduk namun tidak padat

Stasiun IV : Dekat dengan pemukiman penduduk yang padat

Stasiun V : Dekat dengan wisata kolam renang

Hasil analisis terhadap pengukuran parameter suhu menunjukkan bahwa suhu paling rendah terdapat pada stasiun I, sedangkan suhu paling tinggi yaitu pada stasiun V. Nilai suhu dari lima stasiun yang diamati menunjukkan bahwa suhu masih berada dalam batas normal yaitu pada deviasi 3. Menurut Hanisa dkk. (2017) deviasi 3 artinya pembatasan suhu air di kisaran 22 °C - 28 °C apabila suhu normal air 25 °C. Tinggi rendahnya suhu dipengaruhi juga oleh lingkungan sekitar seperti intensitas cahaya matahari. Tingginya suhu di stasiun V diduga karena saat pengambilan sampel cuaca cukup cerah dan intensitas matahari yang cukup. Menurut Maulianawati dkk. (2018) intensitas cahaya matahari, tutupan kanopi di sekitar sungai, dan kedalaman memengaruhi tinggi rendahnya suhu. Selain itu

menurut Istiawan & Kastono (2019) semakin rendahnya suhu menunjukkan bahwa semakin tinggi suatu lokasi.

Nilai pH stasiun I hingga stasiun V berkisar antara 6,89 – 7,08. Nilai pH tertinggi yaitu pada stasiun I sedangkan nilai pH terendah yaitu pada stasiun II. Nilai pH yang didapat masih memenuhi baku mutu yang berlaku, yaitu rentang pH 6-9 mg/L. Nilai pH menjadi salah satu parameter penting yang memengaruhikualitas perairan dan organisme di dalamnya. Beberapa organisme memiliki karakter yang sensitif terhadap perubahan nilai pH (Sulaeman dkk. 2020). Buangan limbah ke sungai adalah salah satu faktor yang memengaruhinilai pH (Ramadhawati dkk. 2021).

Nilai TSS yang didapatkan yaitu berkisar antara 8,73 mg/L – 105,40 mg/L. Nilai TSS terendah yaitu pada stasiun I sedangkan nilai tertinggi yaitu pada stasiun V. Nilai TSS pada stasiun I,II, dan IV masuk ke dalam baku mutu air kelas I, sedangkan untuk nilai TSS pada stasiun III dan V masuk ke dalam baku mutu air kelas III. Berdasarkan baku mutu air sungai, air pada stasiun I, II, dan III berdasarkan nilai TSS masih dapat difungsikan salah satunya yaitu sebagai air minum. Sedangkan untuk pemanfaatan air pada stasiun III dan IV berdasarkan baku mutu air sungai masuk ke dalam kelas III yang beberapa fungsinya yaitu untuk peternakan, pembudidayaan ikan air tawar, dan untuk mengairi tanaman. Padatnya aktivitas masyarakat di sekitar stasiun V menjadikan nilai TSS nya menjadi tinggi. Limbah pertanian yang terbawa arus dari stasiun sebelumnya berkumpul di stasiun V ditambah pula kondisi stasiun yang hujan saat pengambilan sampel. Menurut Luvitasari (2021) limbah domestik dan industri serta erosi tanah yang terjadi saat

hujan juga memengaruhikonsentrasi TSS. Limbah pertanian juga merupakan limbah yang memengaruhikonsentrasi TSS (Lusiyana dkk. 2020).

Nilai TDS yang didapatkan berkisar antara 120,7 mg/L – 174,9 mg/L. Nilai TDS yang didapatkan masih tidak melebihi baku mutu TDS air sungai yang ditetapkan. Nilai TDS tertinggi yaitu pada stasiun IV sedangkan nilai TDS terendah yaitu pada stasiun I. Besarnya nilai TDS yang merupakan partikel terlarut dalam air dapat memengaruhikekeruhan dan berdampak pada ekosistem di perairan. Tingginya nilai TDS pada stasiun III dapat disebabkan karena pada saat pengambilan sampel juga bersamaan dengan adanya kegiatan pada area persawahan yang kemudian mengalirkan limbahnya pada sungai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Febrita & Roosmini (2022) bahwa kekeruhan dan kecerahan di ekosistem perairan dipengaruhi oleh besarnya nilai TDS. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut salah satunya disebabkan oleh meningkatnya nilai TDS dalam perairan (Jauhari, 2018).

Nilai DO yang didapatkan dari lima stasiun penelitian berkisar antara 5,53 mg O₂/L – 5,03 mg O₂/L. Berdasarkan nilai baku mutu DO air sungai, nilai yang didapatkan menunjukkan bahwa seluruh stasiun berdasarkan nilai DO masuk ke dalam kelas I sehingga pemanfaatannya mengikuti pemanfaatan baku mutu air sungai kelas I. Nilai DO secara keseluruhan masih dapat menunjang kehidupan organisme sungai. Nilai DO tertinggi yaitu pada stasiun I sedangkan nilai DO paling rendah yaitu pada stasiun III. Hal ini berkesinambungan dengan indeks keanekaragaman dan indeks BMWP-ASPT yang dianalisis sebelumnya bahwa nilai indeks terendah didapatkan pada stasiun III. Kehidupan organisme ekosistem perairan yang lebih baik dapat dipastikan dengan nilai DO yang berkisar antara 4-

6 mg/L (Gupta *et al.*, 2017). Masukan limbah organik menyebabkan turunnya nilai DO karena materi organik yang diuraikan oleh bakteri semakin banyak sehingga membutuhkan pasokan oksigen yang lebih banyak pula. Selain itu, kecepatan arus perairan juga memengaruhi nilai oksigen terlarut (Wahyuningsih dkk. 2019).

Nilai BOD yang didapatkan yaitu berkisar antara 4,58 mg/L – 6,74 mg/L. Nilai BOD stasiun I,II,III, dan V masuk ke dalam kelas II sedangkan nilai BOD pada stasiun IV masuk ke dalam kelas III. Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui bahwa stasiun I tidak masuk ke dalam kelas I yang pemanfaatannya digunakan sebagai air minum, sehingga menurut nilai BOD stasiun I mengalami pencemaran karena melewati ambang batas baku mutu yang seharusnya bernilai maksimal 2 mg/L. Penurunan nilai DO dan meningkatnya zat padat tersuspensi diketahui dari nilai BOD yang tinggi yang diakibatkan oleh senyawa organik yang tinggi di perairan (Pamungkas, 2016). Nilai pH, jenis limbah yang masuk ke perairan serta kondisi air secara keseluruhan memengaruhi nilai BOD dalam ekosistem perairan (Nuraini dkk. 2019).

Nilai COD yang didapatkan berkisar antara 11,99 mg/L – 19,76 mg/L. Nilai COD terendah yaitu pada stasiun I sedangkan nilai COD tertinggi yaitu pada stasiun IV. Berdasarkan baku mutu, nilai COD yang didapatkan dari lima stasiun tersebut masuk ke dalam kelas II. Oleh karena itu, pemanfaatan air di stasiun I tidak lagi masuk ke dalam kelas I atau dengan istilah lain, stasiun I mengalami pencemaran berdasarkan nilai COD-nya yang melebihi baku mutu. Hasil akhir berupa nilai COD yang lebih besar daripada nilai BOD dalam suatu badan air dipengaruhi pula oleh kemampuan mikroorganisme yang dapat mengoksidasi senyawa organik menjadi CO₂ dan H₂O. Meningkatnya nilai BOD dan COD pada ekosistem sungai

menunjukkan bahwa terdapat banyak pencemaran organik yang berasal dari limbah rumah tangga di dalam air sungai (Rahayu dkk. 2018).

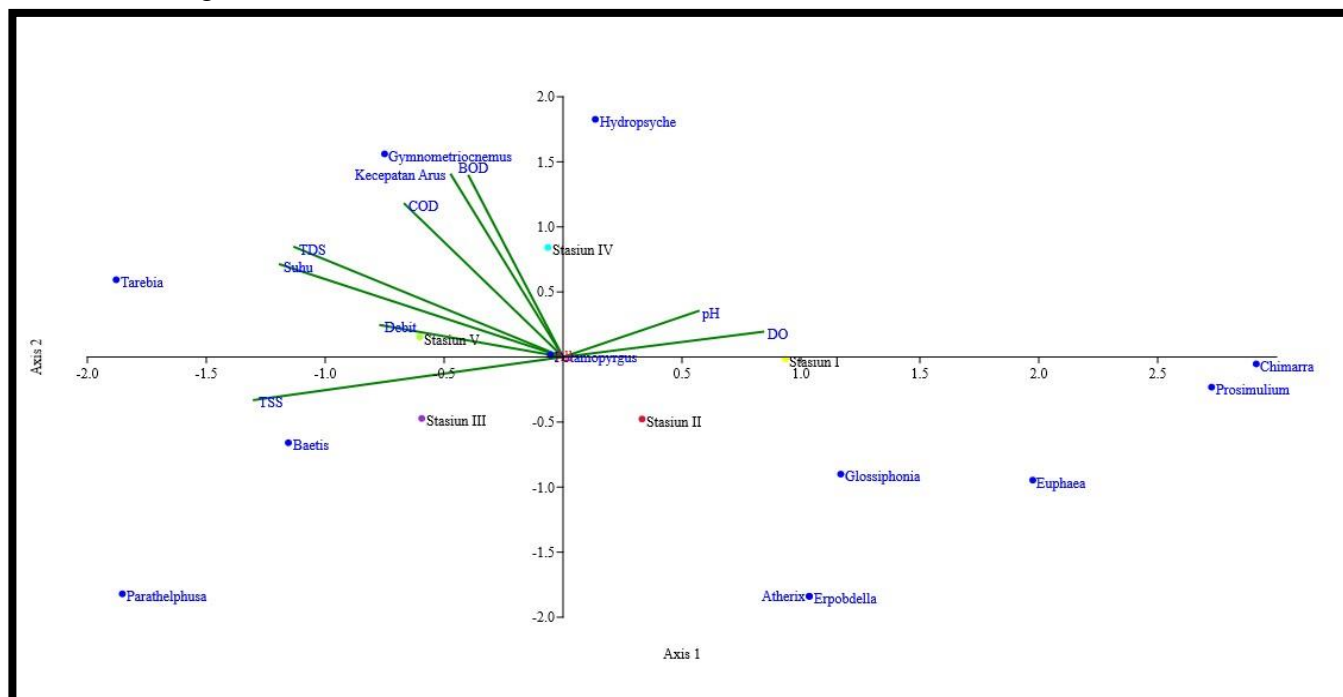
Hasil pengukuran kecepatan arus mendapatkan hasil bahwa kecepatan arus berkisar antara 0,30 m/s – 0,36 m/s. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan arus di Hulu Sungai Sampean tergolong sedang (Ratih dkk. 2015). Kecepatan arus tertinggi yaitu pada stasiun IV dan kecepatan arus terendah yaitu pada stasiun I,II,III. Tingginya kecepatan arus pada stasiun IV salah satunya disebabkan karena saat pengambilan sampel bersamaan dengan turunnya hujan. Hujan dengan intensitas kecil yang turun sebelum pengambilan data dan struktur batuan menyebabkan perbedaan kecepatan yang diakibatkan adanya penambahan jumlah debit air (Jiwaningrat & Dibyosaputro, 2017).

Hasil pengukuran selanjutnya yaitu debit air. Nilai debit yang didapatkan yaitu berkisar antara $3\text{m}^3/\text{s}$ – $12,07\text{m}^3/\text{s}$. Debit terendah berada pada stasiun I sedangkan nilai debit air tertinggi yaitu pada stasiun V. Tingginya debit air di stasiun V salah satunya disebabkan karena stasiun V memiliki luas penampang yang lebih lebar dari stasiun lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fitriyani (2022) bahwa faktor meteorologi (intensitas hujan, durasi hujan, distribusi curah hujan) dan karakteristik daerah DAS (luas dan bentuk das, topografi, dan tata guna lahan) memengaruhi debit air.

4.5 Korelasi keanekaragaman makrozoobentos dengan parameter fisika-kimia air sungai

Hasil perhitungan jumlah genus dan pengukuran parameter-fisika dilanjutkan dengan analisis korelasi antar keduanya menggunakan Korelasi

Kanonical (*Canonical Correspondence Analysis/CCA*). Hasil analisis disajikan pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13. Grafik triplot CCA genus makrozoobentos dengan parameter-fisika kimia air Hulu Sungai Sampean

Keterangan

- Stasiun I : Dekat dengan mata air
- Stasiun II : Dekat dengan persawahan
- Stasiun III : Dekat dengan persawahan dan terdapat pemukiman penduduk namun tidak padat
- Stasiun IV : Dekat dengan pemukiman penduduk yang padat
- Stasiun V : Dekat dengan wisata kolam renang

Analisis CCA adalah analisis dua variabel. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hertika dkk. (2020) bahwa dua variabel dalam analisis CCA terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Selain itu, menurut Suheriyanto dkk. (2019) analisis korespondensi kanonik dapat digunakan untuk mengetahui korelasi antara faktor biotik dan abiotik. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi Suhu, pH, TDS, TSS, Kecepatan Arus, Debit, DO, BOD, dan COD. Sedangkan variabel terikat yaitu genus makrozoobentos. Hasil analisis berdasarkan gambar 4.13 menunjukkan bahwa pH dan DO berkaitan dengan genus *Hydropsyche*. Kemudian, parameter

BOD, COD, dan Kecepatan arus berkaitan dengan genus *Gymnometriocnemus*. Parameter suhu, debit, TDS berkaitan dengan genus *Tarebia*, dan TSS berkaitan dengan genus *Baetis* dan *Parathelphusa*.

Setiap stasiun memiliki karakteristik tersendiri yang kemudian memengaruhi keberadaan dari genus makrozoobentos. Karakteristik stasiun I memiliki karakteristik yang sesuai dengan *Chimarra*, *Prosimulium*. Stasiun II memiliki karakteristik yang sesuai dengan *Euphaea*, *Glossiphonia*, *Atherix*, dan *Erpobdella*. Karakteristik stasiun III sesuai dengan *Parathelphusa* dan *Baetis*. Stasiun IV memiliki karakteristik yang sesuai dengan genus *Gymnometriocnemus* dan genus *Hydropsyche*. Sedangkan stasiun V memiliki karakteristik yang sesuai dengan genus *Tarebia*.

Penelitian ini juga menggunakan analisis korelasi pearson. Hasil analisis disajikan dalam tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5. Nilai korelasi antara keanekaragaman makrozoobentos dengan parameter fisika-kimia air

Genus	TSS	TDS	Suhu	Debit	Kecepatan Arus	pH	DO	BOD	COD
<i>Parathelphusa</i>	0,60	0,31	-0,08	-0,32	-0,37	0,14	-0,50	-0,39	-0,41
<i>Atherix</i>	-0,43	-0,48	-0,15	-0,11	-0,37	-0,73	-0,31	-0,30	-0,14
<i>Gymnometriocnemus</i>	-0,03	0,83	0,37	-0,36	0,68	0,13	-0,56	0,71	0,52
<i>Prosimulium</i>	-0,49	-0,72	-0,83	-0,36	-0,42	0,71	0,82	-0,42	-0,61
<i>Erpobdella</i>	-0,43	-0,48	-0,15	-0,11	-0,37	-0,73	-0,31	-0,30	-0,14
<i>Glossiphonia</i>	-0,66	-0,81	-0,74	-0,52	-0,67	-0,14	0,08	-0,60	-0,62
<i>Potamopyrgus</i>	0,24	0,62	0,14	-0,51	0,08	-0,06	-0,84	0,11	0,02
<i>Tarebia</i>	0,61	0,15	0,62	0,98	0,25	-0,25	0,30	0,17	0,41
<i>Euphaea</i>	-0,71	-0,93	-0,78	-0,37	-0,61	0,03	0,42	-0,56	-0,59
<i>Baetis</i>	0,80	0,45	0,32	0,08	-0,20	-0,29	-0,66	-0,23	-0,09
<i>Hydropsyche</i>	-0,39	0,54	0,38	-0,06	0,90	0,18	-0,03	0,92	0,74
<i>Chimarra</i>	-0,43	-0,65	-0,80	-0,34	-0,37	0,78	0,83	-0,38	-0,58

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa parameter TSS memiliki nilai tertinggi dengan genus *Baetis* dengan nilai korelasi 0,80. Nilai tersebut menunjukkan bahwa korelasi antara TSS dengan genus *Baetis* sangat kuat. Korelasi positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai TSS menjadikan semakin tinggi pula keanekaragaman dari genus *Baetis*, begitupun sebaliknya. Famili Baetidae merupakan kelompok famili yang dapat ditemui di berbagai karakteristik sungai. Selain itu, famili ini juga tahan terhadap pencemaran yang berada di perairan (Oscoz *et al.*, 2011). Kemampuan tersebut sesuai dengan hasil analisis bahwa dengan meningkatnya nilai TSS juga meningkatkan keanekaragaman dari genus *Baetis*.

Hasil analisis selanjutnya yaitu pada parameter TDS yang memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus *Euphaea*. Nilai korelasi tertinggi yang didapatkan yaitu -0,93 di mana nilai tersebut menunjukkan bahwa antara TDS dengan genus *Euphaea* memiliki korelasi yang sangat kuat. Korelasi negatif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai TDS maka semakin rendah tingkat keanekaragaman dari genus *Euphaea*. Famili Euphaeidae sensitif terhadap suhu dan ketersediaan oksigen terlarut pada habitatnya. Oleh karena itu, famili ini dapat menjadi indikator dari kualitas perairan bersih. Anggota famili ini dapat ditemukan di daerah sungai yang berada di pegunungan (Phan *et al.*, 2018). Berdasarkan hal tersebut, hasil korelasi sesuai dengan karakteristik genus *Euphaea* bahwa genus ini tidak tahan terhadap perairan dengan kandungan TDS yang semakin meningkat.

Hasil analisis parameter suhu memiliki korelasi tertinggi dengan genus *Prosimulim*. Nilai korelasinya yaitu -0,83 yang menunjukkan bahwa korelasi antar keduanya sangat kuat. Korelasi negatif menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu

maka semakin rendah keanekaragaman dari genus *Prosimulim*. Habitat dari famili Simuliidae ini yaitu di perairan dangkal dengan arus air yang deras dan kuat. Substrat yang menjadi habitatnya meliputi lempengan batu, kerikil, serta batang tumbuhan yang terendam (Oscoz *et al.*, 2011). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa genus *Prosimulim* tidak dapat hidup pada kondisi habitat dengan arus lemah dan substrat lumpur serta suhu yang tinggi. Hasil analisis sesuai dengan kondisi genus *Prosimulim* bahwa saat suhu naik akan menyebabkan keanekaragaman genus ini menurun.

Hasil analisis berikutnya yaitu debit yang memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus *Tarebia*. Nilai korelasinya yaitu 0,98 yang menunjukkan bahwa korelasi diantara keduanya sangat kuat. Korelasi positif menunjukkan bahwa semakin tinggi debit airnya maka semakin tinggi pula nilai keanekaragaman dengan genus *Tarebia*. Famili Thiaridae merupakan kelompok Gastropoda memiliki habitat di hampir disemua tipe perairan tawar, baik alami (sungai besar/kecil, danau dan rawa) maupun buatan (waduk, bendungan, embung, situ dan drainase). Hal ini disebabkan karena beberapa spesies dari Famili Thiaridae memiliki toleransi yang tinggi terhadap berbagai karakteristik lingkungan perairan tawar (Isnainingsih, 2021).

Hasil analisis korelasi parameter kecepatan arus, BOD, dan COD memiliki korelasi tertinggi dengan genus *Hydropsyche*. Nilai korelasi kecepatan arus yaitu 0,90 (sangat kuat), BOD 0,92 (sangat kuat), dan COD 74 (kuat). Korelasi positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai parameter kecepatan arus, BOD, dan COD, semakin tinggi pula keanekaragaman dari genus *Hydropsyche*. Salah satu peran yang dimiliki oleh genus *Hydropsyche* yaitu berperan sebagai indikator

pencemaran di habitat lotik dikarenakan memiliki kisaran toleransi yang luas (Garima, 2021). Famili Hydropsychidae memiliki habitat di bawah batu, butiran pasir dan sungai dengan arus yang deras (Gerber & Gabriel, 2002). Sehingga dapat diketahui bahwa genus *Hydropsyche* dapat bertahan pada berbagai kondisi perairan.

Hasil analisis berikutnya yaitu parameter pH yang memiliki korelasi tertinggi dengan genus *Chimarra* dengan nilai korelasi 0,78. Nilai tersebut menunjukkan bahwa korelasi diantara keduanya kuat. Korelasi positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai pH maka semakin tinggi pula keanekaragaman dari genus *Chimarra*. Famili Philopotamidae memiliki habitat di bagian hulu sungai dengan suhu rendah, kondisi perairan yang kaya akan oksigen serta perairan dengan arus yang kuat. Oleh karena itu, memiliki peran sebagai indikator perairan yang bersih (Oscoz *et al.*, 2011).

Hasil analisis parameter DO menunjukkan korelasi tertingginya dengan genus *Potamopyrgus* dengan nilai korelasi -0,84. Nilai tersebut menunjukkan bahwa korelasi diantara keduanya sangat kuat. Korelasi negatif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai parameter DO maka keanekaragaman genus *Potamopyrgus* akan menurun. Menurut Oscoz *et al.*, (2011) Famili Hydrobiidae adalah kelompok famili yang dapat hidup pada berbagai karakteristik perairan. Hal tersebut yang menjadikan peluang untuk menemukan anggota dari famili ini lebih mudah.

4.6 Analisis Bioindikator

Analisis berikutnya yaitu terkait genus makrozoobentos yang berpotensi sebagai bioindikator kualitas air. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* R Studio. Hasil analisis nilai indikator (IndVal) disajikan dalam Tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Hasil analisis nilai indikator menggunakan R-Studio

Lokasi Stasiun	Genus	Nilai Indikator	<i>p-Value</i>
Stasiun IV	<i>Baetis</i>	0,957	0,04

Keterangan

Stasiun IV : Dekat dengan pemukiman penduduk yang padat

Hasil analisis nilai indikator pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa Genus *Baetis* pada stasiun IV memiliki nilai indikator 0,957 dan *p-Value* 0,046 (*p-Value* < 0,05). Hasil tersebut menunjukkan bahwa Genus *Baetis* memiliki potensi sebagai bioindikator kualitas air. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurrohmah (2022) bahwa organisme dengan nilai *p-Value* < 0,05 merupakan organisme yang berpotensi sebagai bioindikator. Genus *Baetis* merupakan genus yang dapat hidup pada berbagai kondisi perairan sehingga memiliki peluang besar untuk ditemukan. Genus ini juga dapat hidup pada kondisi perairan yang tercemar (Oscos *et al.*, 2011). Hal ini sesuai dengan hasil analisis nilai indikator bahwa habitat dari Genus *Baetis* yaitu pada stasiun IV yang memiliki kondisi lingkungan sangat dekat dengan pemukiman penduduk sehingga mudah tercemar limbah domestik.

Salah satu metode yang cukup efektif untuk menguji nilai indikasi suatu spesies terhadap suatu ekosistem adalah nilai indikator (IndVal) (Pribadi, 2014). Metode ini dikembangkan oleh Dufrene & Legendre (1997) yang menyampaikan bahwa penilaian dalam menentukan spesies indikator yaitu melalui pola distribusi spesies terhadap habitat atau spesifisitas spesies terhadap suatu habitat serta frekuensi kehadiran spesies pada suatu habitat, umumnya juga berkaitan dengan kelimpahannya. Suatu spesies dapat menjadi indikator dengan beberapa karakteristik yang perlu dipenuhi. Beberapa karakteristik tersebut yaitu peka terhadap perubahan lingkungan, memiliki jumlah yang tersebar secara luas, serta memiliki peran penting dalam suatu ekosistem (Husamah & Rahardjanto, 2019).

4.7 Tinjauan hasil penelitian dalam Perspektif Al-Qur'an

Hasil penelitian terkait Makrozoobentos sebagai Bioindikator kualitas air di Hulu Sungai Sampean menunjukkan bahwa kualitas air dapat berubah. Perubahan yang terjadi salah satunya disebabkan karena aktivitas manusia di sekitar ekosistem perairan. Allah berfirman dalam QS ; Al-A'raf [7] : 56 berikut :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ٥٦

Artinya :

“Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.”

Tafsir Al-Misbah dalam Shihab (2002) ayat ini menjelaskan bahwa alam semesta dapat menunjang kehidupan berbagai makhluk hidup yang ada di bumi dan diciptakan oleh Allah SWT dengan kondisi yang sangat baik. Oleh karena itu diperintahkan untuk tidak merusak dan menjaga alam semesta yang telah diciptakan dengan sangat baik. Dalam ayat tersebut Allah SWT juga memerintahkan agar dapat menjaga alam semesta serta menyebutkan bahwa dibandingkan merusak sebelum memperbaiki akan lebih buruk merusak setelah diperbaiki.

Berkaitan dengan pendapat Mustaqim (2013), al-Qur'an mengharuskan manusia sebagai khalifah di bumi untuk melestarikan lingkungan. Trilogi hubungan Tuhan sebagai Sang Pencipta, manusia selaku khalifah, dan alam untuk tempat melaksanakan tugas kekhalifahan harus dijalankan berlandaskan tatanan etika untuk memperkecil kemunculan bencana alam. Lain halnya dengan hubungan manusia dan lingkungan yang lebih condong ke tujuan eksploitatif dan destruktif, dapat dikatakan memicu kepunahan makhluk hidup termasuk manusia itu sendiri.

Merusak keanekaragaman hayati artinya sama dengan mengabaikan ayat-ayat Tuhan di muka bumi ini. Sebaliknya, melestarikan dan menjaganya menunjukkan salah satu indikator ketakwaan hamba berkaitan dengan keanekaragaman hayati. Selain itu, di dalam Al-Qur'an telah dijelaskan bahwa manusia sebagai *kholifah fil ardh* atau pemimpin di bumi bertugas untuk menjaga dan melestarikan lingkungan (Minarno, 2017).

Makrozoobentos peka terhadap perubahan lingkungan perairan yang ditempatinya sehingga akan berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahannya, karena itu hewan ini sering dijadikan sebagai indikator ekologi di suatu perairan dikarenakan cara hidup, ukuran tubuh, dan perbedaan kisaran toleransi tiap spesies di dalam lingkungan perairan. Spesies yang toleran beradaptasi dengan baik terhadap perubahan kondisi lingkungan dan sering menjadi dominan di lokasi yang terganggu. Perbedaan antar kelompok makrozoobentos merupakan salah satu bentuk kekuasaan Allah, dalam sabda Rasul *Ihktilafu ummati rahmah* yang artinya '*Perbedaan (yang terjadi) pada umatku merupakan sebuah rahmat (kasih sayang dari Allah)*', Menurut Chirzin (2011) seperti halnya perbedaan bahasa dan warna kulit pada manusia padahal bersumber dari asal-usul yang sama, merupakan tanda kebesaran dan kekuasaan Allah subhanahu wata'ala, namun dasar kesatuannya tetap tidak berubah. Mereka merasakan dalam cara yang sama dan sama-sama di bawah perlindungan Tuhan. Faktor genetiklah yang menjadikan tumbuh-tumbuhan, hewan, dan manusia tetap memiliki ciri khasnya dan tidak berubah hanya karena habitat dan makanannya.

Salah satu makhluk hidup yang juga perlu dijaga kelestariannya adalah makrozoobentos. Makrozoobentos adalah salah satu makhluk hidup yang juga

memiliki peran bagi lingkungan dan makhluk hidup yang lain. Sebagaimana dalam firman Allah dalam QS; An-Nahl [16] : 14 berikut :

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حَبْلًا مَلْبَسًا وَتَرَى الْفُلُوكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ۙ ١٤

Artinya:

“Dialah yang menundukkan lautan (untukmu) agar kamu dapat memakan daging yang segar (ikan) darinya dan (dari lautan itu) kamu mengeluarkan perhiasan yang kamu pakai. Kamu (juga) melihat perahu berlayar padanya, dan agar kamu mencari sebagian karunia-Nya, dan agar kamu bersyukur.”

Tafsir Al-Qurthubi (2009) menjelaskan bahwa dalam ayat ini membahas terkait penundukan lautan bagi manusia serta manfaat bagi manusia serta makhluk hidup lain sebagai perhiasan, konsumsi, serta sebagai indikator lingkungan dan penghidupan sehari-hari. Dijelaskan bahwa segala pemanfaatan yang dapat digunakan tersebut adalah bagian dari karunia Allah SWT yang didapatkan oleh manusia.

BAB V PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Total spesimen makrozoobentos yang didapatkan yaitu 317 spesimen yang terdiri dari 12 genus. Genus yang didapatkan meliputi *Parathelphusa*, *Atherix*, *Gymnometriocnemus*, *Prosimulium*, *Erpobdella*, *Glossiphonia*, *Potamopyrgus*, *Tarebia*, *Euphaea*, *Baetis*, *Hydropsyche*, dan *Chimara*.
2. Hasil analisis komunitas berdasarkan indeks Keanekaragaman Shannon Wiener didapatkan tingkat keanekaragaman untuk seluruh stasiun sedang dengan kisaran nilai 1,234-1,511, indeks dominansi untuk seluruh stasiun menunjukkan tidak ada jenis yang mendominasi dengan kisaran nilai 0,244-0,402, indeks kemerataan Evenness untuk seluruh stasiun berkisar dari sedang hingga tinggi dengan kisaran nilai (0,522 – 0,877), serta indeks kekayaan jenis Margalef untuk seluruh stasiun rendah dengan kisaran nilai 0,766 – 1,659.
3. Skor BMWP stasiun I = 30, stasiun II = 38, stasiun III = 21, stasiun IV = 18, stasiun V = 16. Sedangkan skor ASPT stasiun I = 5 (sangat baik), stasiun II = 4,75 (sangat baik), stasiun III = 3,5 (sedang), stasiun IV = 3,6 (baik), dan stasiun V = 4 (baik).
4. Parameter fisika-kimia secara keseluruhan masih dapat mendukung kehidupan makrozoobentos.
5. Hasil analisis CCA menunjukkan bahwa bahwa pH dan DO berkaitan dengan genus *Hydropsyche*. Kemudian, parameter BOD, COD, dan Kecepatan arus berkaitan dengan genus *Gymnometriocnemus*. Parameter

suhu, debit, TDS berkaitan dengan genus *Tarebia*, dan TSS berkaitan dengan genus *Baetis* serta *Parathelphusa*.

6. Hasil analisis bioindikator menunjukkan bahwa genus *Baetis* merupakan genus yang berpotensi sebagai bioindikator.

4.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melakukan monitoring berkala di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso.
2. Perlu dilakukan penelitian serupa di bagian tengah dan hilir Sungai Sampean.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Teknik, F., Islam, U., & Rahmat, R. 2018. Studi Keanekaragaman Dan Struktur Komunitas. *Jurnal Teknologi Terapan*. 1(2):93–97.
- Abidin, Z., Teknik, F., Islam, U., & Rahmat, R. 2018. Studi Keanekaragaman Dan Struktur Komunitas. *Jurnal Teknologi Terapan*. 1(2):93–97.
- Afifatur, Miftahul. 2022. Keanekaragaman Makrozoobentos di Hulu Sungai Sampean Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso. *Skripsi*. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknoogi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Malang.
- Afrianita, Reri., Tivany, Edwin., & Aroiya Alawiyah. 2017. Analisis Intrusi Air Laut dengan pengukuran Total Dissolved Solids (TDS) Air Sumur Gali di Kecamatan Padang Utara. *Jurnal Teknik Lingkungan*.14(1):62-72.
- Alfionita, Andi Nur Afia, Patang, Ernawati S.Kaseng. 2019. Pengaruh Eutrofikasi Terhadap Kualitas Air di Sungai Jeneberang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 5(1) : 9-23.
- Alias, N. A., & Azilawanie, W. N. 2019. Analysis of Knowledge, Attitude and Behavior of Riverbank Communities Terengganu, Malaysia. *Asian People Journal*.2(2):105–117.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. 2020. Penentuan nilai BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah di pusat penelitian kelapa sawit (PPKS) Medan. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*.2(1):14-22.
- Anggana, A. F., & Ahmad, R. A. 2018. Restorasi Sempadan Sungai P5 Melalui Jenis Tanaman Lokal Sungai Utara, Kalimantan Selatan. *PSNG* .(9):525–534.
- Arifianto, Y. D. 2017. Studi Alternatif Pengelolaan Banjir Daerah Aliran Sungai (Das) Sampean Hilir, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Infrastruktur*.3(02):73–80.
- Arslan, N., Salur, A., Kalyoncu, H., Mercan, D., Barişik, B., & Odabaşı, D. A. 2016. The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Küçük Menderes River (Turkey). *Biologia*, 71(1).
- Aryanti, Nirmala Ayu, Samsul Maarif, Ari Prabowo. 2017. Status Konservasi Jenis Burung di Kawasan Lereng Gunung Argopuro Probolinggo. *Prosiding Seminar Nasional III*. 339 – 344.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Asif, N., Malik, M., & Chaudhry, F. N. 2018. A review of on environmental pollution bioindicators. *Pollution*: 4(1).
- Asmaranto, R., Suhartanto, E., & Permana, B. A. 2012. Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Identifikasi Lahan Kritis dan Arahan Fungsi Lahan Daerah Aliran Sungai Sampean. *Jurnal Teknik Pengairan*.1(2):84-105.
- Asrori, M Khadik. 2021. Pemetaan Kualitas Air Sungai di Surabaya. *Jurnal Envirotek*. 13 (2). 41-47.
- Athifah, A., Putri, M. N., Wahyudi, S. I., & Rohyani, I. S. 2019. Keanekaragaman Mollusca Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Kawasan Tpa Kebon Kongok Lombok Barat. *Jurnal Biologi Tropis*.19(1). 54-60.

- Aulia, G. N., & Dewi, I. P. 2019. Analisis Sebaran Total Suspended Solid (Tss) Menggunakan Citra Sentinel 2 Di Perairan Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan . *PSNPK*. 36-44.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso. 2016. *Profil Kecamatan Maesan*. Diakses dari <https://bondowosokab.bps.go.id>
- Bahagia, B., Suhendrayatna, S., & Ak, Z. 2020. Analisis Tingkat Pencemaran Air Sungai Krueng Tamiang Terhadap COD, BOD dan TSS. *Jurnal Serambi Engineering*.5(3):1099–1106.
- Bai'un, N. H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. 2021. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan Di Ekosistem Mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*.5(2):227-238.
- Bartram, J., & Ballance, R. (Eds.). 1996. *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. CRC Press.
- Barus, B. S., Aryawati, R., Putri, W. A. E., Nurjuliasti, E., Diansyah, G., & Sitorus, E. 2019. Hubungan N-Total dan C-Organik Sedimen Dengan Makrozoobentos di Perairan Pulau Payung, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis*.22(2):147.
- Bode, Robert W, Margaret A Novak, Lawrence E. Abele. 1991. *Quality Assurance Work Plan For Biological Stream Monitoring in New York State*. Stream Monitoring Unit: Albany. 29.
- Bonzemo, Sindani Bon. 2018. An Application of Ephemeroptera, Plecoptera and Tricoptera (EPT) Index Method in Assessing Water Quality : A Case Study of River Kibisi, Mt. Elgon Area, Kenya. *Journal of Education and Practice*. 9 (14). 16-36.
- Budiyanti & Supasman Emu. 2021. Kandungan Nutrisi Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dengan Metode Rakit Gantung pada Kedalaman Berbeda. *Aquamarine*. 8(1): 27-33.
- Bugguide.net. Identification, Images& information For Insects, Spider & Their Kin For The United States & Canada. Diakses dari <https://bugguide.net/> pada Maret 2023
- Butkus, R., Baltrūnaitė, L., Arbačiauskas, K., & Audzijonytė, A. 2020. Two lineages of the invasive New Zealand mudsnail *Potamopyrgus antipodarum* spreading in the Baltic and Black sea basins: low genetic diversity and different salinity preferences. *Biological Invasions*.22(12):3551-3559.
- Candra, Y., Langoy, M., Koneri, R., & Singkoh, M. F. O. 2014. Kelimpahan Serangga Air di Sungai Toraut Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*.3(2):74.
- Chirzin, M. 2011. Keanekaragaman dalam al-Qur'an. *Tsaqafah*, 7(1), 51-68.
- Collado, G. A. 2014. Out of New Zealand: molecular identification of the highly invasive freshwater mollusk *Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843) in South America. *Zoological Studies*. 53(1):1-9.
- Cumberlidge, N, Ng, PKL, Yeo, DCJ, Magalhaes, C, Campos, M, Alfarez, F, Naruse, T, Daniel, SR, Esser LJ, Attipoe, FYK, Ba, FLC, Darwal, W, Mclvor, A, Baillie, JEM, Collen, B & Ram, M. 2009. Freshwater Crabs and The Biodiversity Crisis: Importance, Threats, Status, and Conservation Challenges. *Biological Conservation*. 142(8):1665-1673.

- Dalu, T., & Wasserman, R. J. (Eds.). 2021. *Fundamentals of Tropical Freshwater Wetlands: From Ecology to Conservation Management*. Belanda: Elsevier Science.
- Darmanto, D., & Sudarmadji. 2013. Pengelolaan sungai berbasis masyarakat lokal di lereng selatan gunung api merapi. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*.20(2):229–239.
- Darojat, M. K., Kurniawan, N., & Retnaningdyah, C. 2020. Evaluation of Water Quality Based on Macrozoobenthos as a Bioindicator in the Four Springs of Wana Wiyata Widya Karya Tourism Area, Cowek Village, Purwodadi District, Pasuruan Regency. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*, 8(1).
- Daroni, T. A., & Arisandi, A. 2020. Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Journal Juvenil*.1(4):558–566.
- Desinawati, D., Adi, W., & Utami, E. 2018. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Sungai Pakil Kabupaten Bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberday Perairan*. 12(2): 54-63.
- Desmawati, I., Adany, A., & Java, C. A. 2020. Studi Awal Makrozoobentos di Kawasan Wisata Sungai Kalimas, Monumen Kapal Selam Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.8(2): 19-22.
- Dinas Kepemudaan Olahraga dan Pariwisata Kabupaten Probolinggo. 2022. Gunung Argopuro. Diakses dari <https://disporaparbud.probolinggokab.go.id>
- Djoharam, V., Riani, E., & Yani, M. 2018. Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8(1): 127-133.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species Assemblages and Indicator Species: The Need For a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*. 67(3):345-366.
- Duhupo, D. 2019. Perbandingan Analisis Pencemaran Air Sungai Dengan Menggunakan Parameter Kimia Bod Dan Cod Di Kelurahan Ketang Baru Kecamatan Singkil Kota Manado Tahun 2018 Dan 2019. *Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado*.8(5):55.
- Duya, N., & Noveria, R. 2019. Jenis-Jenis Crustacea Di Cagar Alam Teluk Klowe Pulau Enggano Kabupaten Bengkulu Utara. *Konservasi Hayati*.15(1):16–22.
- Ekowati, Apriyani, Alfi Dwi Setyani, Dinda Rama Haribowo, Khoirul Hidayah. 2016. Keanekaragaman Jenis Burung di Kawasan Telaga Warna, Desa Tugu Utara, Cisarua, Bogor. *Journal of Biology*. 9 (2). 87-94.
- Elviana, S., & Sunarni, S. 2018. Komposisi dan Kelimpahan Jenis Ikan Gelodok Kaitannya dengan Kandungan Bahan Organik di Perairan Estuari Kabupaten Merauke. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*.11(2):38.
- Ermawati, R., & Hartanto, L. 2017. Pemetaan sumber pencemar sungai lamat kabupaten magelang. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*.9:92–104.

- Erwin, Afif Bintoro, Rusita. 2017. Keragaman Vegetasi di Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu (HPKT) Tahura Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 5 (3). 1-11.
- Fatika, S. 2021. Analisis Keanekaragaman Makrozoobentos Di Wisata Air Terjun Way Kalam Kabupaten Lampung Selatan. *Skripsi*. Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung. Lampung.
- Febrian, I., Nursaadah, E., & Karyadi, B. 2022. Analisis Indeks Keanekaragaman, Keragaman, dan Dominansi Ikan di Sungai Aur Lemau Kabupaten Bengkulu Tengah. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 10(2). 600-612.
- Febrita, J., & Roosmini, D. 2022. Analisis Beban Pencemar Logam Berat Industri terhadap Kualitas Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 7(1):77-88.
- Ficsór, M., & Csabai, Z. 2021. Longitudinal zonation of larval Hydropsyche (Trichoptera: Hydropsychidae): abiotic environmental factors and biotic interactions behind the downstream sequence of Central European species. *Hydrobiologia*. 848:3371–3388.
- Firdhausi, N. F. 2019. Pengenalan Makroinvertebrata Bentik sebagai Bioindikator Pencemaran Perairan Sungai pada Siswa di Wonosalam, Mojokerto, Jawa Timur. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 5(3):210–215.
- Fitriyani, N. P. V. 2022. Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2).
- Garima, D., Kaur, S., & Pandher, M. S. 2021. New records of the genus *Hydropsyche* Pictet, 1834 (Trichoptera: Hydropsychidae) from Arunachal Pradesh, India. *Records of the Zoological Survey of India*. 120(4): 497-500.
- Gerber, A. & M.J.M. Gabriel. 2002. *Aquatic Invertebrates of South African Rivers*. Institute of Water Quality Study. Pretoria.
- Ghoffar, M Abdul dan Abu Ihsan al-Atsari. 2007. Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5. Pustaka Imam As-Syafii: Jakarta.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Diakses dari <https://www.gbif.org> pada Maret 2023.
- Godunko, R. J., Soldán, T., & Staniczek, A. H. 2017. *Baetis* (*Baetis*) *cypronyx* sp. n., a new species of the *Baetis alpinus* species-group (Insecta, Ephemeroptera, Baetidae) from Cyprus, with annotated checklist of Baetidae in the Mediterranean islands. *ZooKeys*. (644)1:1-32.
- Gray, N. 2017. *Water Science and Technology: An Introduction*. CRC Press.
- Gupta, N., Pandey, P., & Hussain, J. 2017. Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India. *Water Science*. 31(1):202-212.
- Hadiroseyani, Y., Puspitasari, A., & Budiardi, T. 2015. Peningkatan rasio C/N dengan penambahan tepung tapioka pada substrat budidaya *Oligochaeta*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 14(2):144.
- Hak, A., Kurniasih, Y., & Hatimah, H. 2019. Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lam) Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS Dalam Limbah Laundry. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 6(2):100.

- Hakim, L., & Nurhasanah. 2017. Analisis Produktivitas, Dominansi Dan Diversitas Hasil Tangkapan Gillnet (Studi Kasus di Pelabuhan Perikanan Pantai Tegalsari). *PSNRI*.732–739.
- Hamidi, R., Furqon, M. T., & Rahayudi, B. 2017. Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Klasifikasi Kualitas Air Sungai. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*.1(12):1758–1763.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., & Maury, H. K. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre , Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.16(1):35–43.
- Han, Y. G., Kwon, O., & Cho, Y. 2015. A study of bioindicator selection for long-term ecological monitoring. *Journal of Ecology and Environment*.38(1):119–122.
- Hanisa, estu, Winardi D.N, Anik Sarminingsih. 2017. Penentuan Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode Indeks kualitas Air–National Sanitation Foundation (Ika-Nsf) Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1). 1-15
- Haniyyah, H. A. 2021. Keanekaragaman makrozoobentos di kali jarak Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang. *Skripsi*. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknoogi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Malang.
- Hansel, C., Nacua, S., Seronay, R.,Gorospe, M., Gorospe-Villarino, A., Poblete, T., Fletcher, F., Freire, M., Culminas, K., Grace, D., Bacaltos, G., Mohagan, A., Roa, E., Gay, H., Roscom, B., & Wilson, Hew. 2006. *Assessing the Headwaters of Layawan River: Linkage Between the Terrestrial and Aquatic Ecosystems in Mt. Malindang, Misamis Occidental. Biodiversity Research Programme (BRP) for Development in Mindanao: Focus on Mt. Malindang and Environs*. SEAMEO SEARCA, College, Laguna.
- Harahap, A. 2019. Peranan Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Di Sungai Bilah Labuhanbatu. *Disertasi*. Program Doktor (S3) Ilmu Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Harahap, F. R. S., Afrianti, S., & Situmorang, V. H. (2020). Keanekaragaman Serangga Malam (Nocturnal) Di Kebun Kelapa Sawit PT. Cinta Raja. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 8(3):122-133.
- Hartini, H., Arthana, I., & Wiryatn0, J. 2010. Struktur Komunitas Makrozoobentos Pada Tiga Muara Sungai Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Pesisir Pantai Ampenan Dan Pantai Tanjung Karang Kota Mataram Lombok. *Ecotrophic*.7(2):116–125.
- He, F., Wu, N., Dong, X., & Tang, T. 2020. Elevation, aspect, and local environment jointly determine diatom and macroinvertebrate diversity in the Cangshan Mountain, Southwest China. *Ecological Indicators*. 108:105-618.
- Herawati, H., Patria, E., Hamdani, H., & Rizal, A. 2020. Macrozoobenthos diversity as a bioindicator for the pollution status of Citarik River, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.1: 535.

- Hertika, A. M. S., Supriatna, Darmawan, A., Nugroho, B. A., Handoko, A.D., Qurniawatri, A. Y., & Prasetyawati, R. A. 2020. *Profil Hemosit Susuh Kura (Sulcospira testudinaria) Dalam Rangka Menilai Tingkat Pencemaran Perairan di Kawasan Konservasi Badher Bank, Blitar, Jawa Timur* Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.
- Hu, Y. L., Wang, B. X., & Sun, C. H. (2018). A new species of Chimarra from China (Trichoptera, Philopotamidae) with description of its larva. *Zootaxa*. 4504(2):253-260.
- Husamah & Abdulkadir Rahardjanto. 2019. *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring)*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS) on-line database. Diakses dari <http://www.itis.gov/> pada Maret 2023.
- Isnainingsih, N. R. 2021. Radular Morphology of Thiarid from Raja Ampat. *Jurnal Moluska Indonesia*. 5(2):65-72.
- Isnainingsih, N. R., Basukiriadi, A., & Marwoto, R. M. 2018. The morphology and ontogenetic of *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) from Indonesia (Gastropoda: Cerithioidea: Thiaridae). *Treubia*. (44): 1-14.
- Istiawan, N. D., & Kastono, D. 2019. Pengaruh ketinggian tempat tumbuh terhadap hasil dan kualitas minyak cengkih (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.) di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo. *Vegetalika*. 8(1):27-41.
- Jasa Lingkungan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Seluk Beluk Pendakian Gunung Argopuro*. Diakses dari <https://jasling.menlhk.go.id>
- Jauhari, Z. 2018. Analisis Tingkat Pencemaran dan Mutu Air Sungai di Kota Palembang. *Jurnal Tekno Global*. 7(1):14-20.
- Jiwaningrat M., Y., & Dibyosaputro, S. 2017. Interaksi antara Karakteristik Aliran dan Material Dasar pada Proses Penggerusan Sungai Comal Pemalang, Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*. 5(1):1-9.
- Kaygorodova, Irina A. 2015. Annotated checklist of the leech species diversity in the Maloe More Strait of Lake Baikal, Russia. *ZooKeys*. (545):37-52.
- Kim, S. K. 2020. Two new genera of black flies (Diptera: Simuliidae) of Korea. *Journal of Species Research*. 9(1):11-18.
- Krebs, Charles J. 1999. *Ecological Methodology*. Jim Green : Kanada.
- Kumar, A., & Vyas, V. 2014. Diversity Of Macrozoobenthos In The Selected Reach Of River Narmada (Central Zone), India. *International Journal Of Research In Biological Sciences*. 4(3):60-68.
- Kusuma, B., Prabowo, R. O., Putra, J. J., & Fitriadi, R. 2020. Air Limbah Budidaya Lele (*Clarias Sp .*) Dengan Total Dissolved Solid (Tds) Berbeda Untuk Media Budidaya *Daphnia Sp .* *Manfish Journal*. 1(2):101–106.
- Kutschera, U. 2004. Description of a new leech species, *Erpobdella wuttkei* nov. sp. (Hirudinea: Erpobdellidae). *Lauterbornia*. (52). 147-151.
- Lestari, D. F., Fatimatuzzahra, F., & Syukriah, S. 2021. Jenis-Jenis Gastropoda di Zona Intertidal Pantai Indrayanti Yogyakarta. *Journal of Science and Applicative Technolog*. 5(1):187.
- Lestari, D., Koneri, R., & Maabuat, P. V. (2021). Keanekaragaman dan Pemanfaatan Tanaman Obat pada Pekarangan di Dumoga Utara, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Jurnal Bios Logos*. 11(2):82-93.

- Lusiyana, L., Akbar, A. A., & Desmaiani, H. 2021. Pengaruh Aktivitas Manusia terhadap Beban Pencemaran Sub DAS Sungai Rengas, Kalimantan Barat (The Influence of Human Activities on Pollution Load on The Rengas River Sub Water, West Kalimantan). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*.9(2):090-100.
- Luvitasari, A. 2021. Pengaruh Tata Guna Lahan di Sekitar Kali Karanggeneng. Rembang terhadap Kualitas dan Status Mutu Air Sungai dengan Metode STORET. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*.5(2):246-253.
- Madden, C. P. 2010. Key to genera of larvae of Australian Chironomidae (Diptera). *Museum Victoria Science Reports*. (13).12 : 1-31.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and It's Measurement*. New Jersey : Princeton University Press.
- Markert, B. A., Breure, A. M., & Zechmeister, H. G. (Eds.). 2003. *Bioindicators and biomonitors*. Oxford. Elsevier.
- Maulianawati, D., Herman, M. I., Ismail, M., Fiandaka, M. O. A., Sadrianto, S., Tarfin, T., & Irawati, H. 2018. Asesmen Kualitas Air Permukaan Di Sungai Pamusian Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*.11(2):97-103.
- Mendes, T. P., Amado, L. L., Ribeiro, R. A. B., & Juen, L. 2020. Morphological diversity of Odonata larvae (Insecta) and abiotic variables in oil palm plantation areas in the Eastern Amazon. *Hydrobiologia*. (847). 161-175.
- Minarno, E. B. 2017. Integrasi Sains-Islam Dan Implementasinya Dalam Pembelajaran Biologi. *Seminar Nasional Teknologi Informas Komunikasi dan Industri* (pp. 664-669).
- Musselman, Robert. 2012. *Sampling procedure for lake or stream surface water chemistry*. Rocky Mountain Research Station. Fort Collins.
- Mustaqim, A. 2013. Etika Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati dalam Perspektif al-Qur'an. *Hermeneutik : Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir*. 7(2): 389-406.
- Najib, G., Laili, S., & Syauqi, A. 2021. Persepsi Masyarakat terhadap Kualitas Air Sungai di DAS Metro e – JBST V6 Edisi Khusus Mei 2021 e – JBST V6 Edisi Khusus Mei 2021 Material dan Metode. *Biosaintropis*. 6:38–44.
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. 2015. Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Mipa Unsrat*. 4(2): 165–168.
- Ng, PKL. 1997. On A New Genus and Four New Species of Freshwater Crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Parathelphusidae) from Borneo and Java. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 45(1):105-121.
- Niar, Andi, Dori Rachmawati, Muhammad Roem. 2022. Asosiasi Komunitas Makrozoobentos Pada Padang Lamun di Perairan Pulau Panjang Kepulauan Derawan. *Journal of Aquatropica Asia*. 7 (1). 1-11.
- Nugroho, Astri. 2018. *Bioindikator Kualitas Air*. Universitas Trisakti. Jakarta
- Nupus, H., Wulandari, M. R., & Pahleviannur, M. R. 2018. Analisis morfometri das sampean terhadap nilai kuantitatif jaringan sungai. *PSNG* . 210–213.
- Nuraini, E., Fauziah, T., & Lestari, F. 2019. Penentuan nilai BOD dan COD limbah cair inlet laboratorium pengujian fisis politeknik ATK Yogyakarta. *Integrated Lab Journal*.7(2):10-15.
- Nurjanah, I. 2019. Keanekaragaman Makrobentos Sebagai Indikator Biologi Kualitas Air Sungai Pulo Kecamatan Kedamaian Bandar Lampung.

- Skripsi*. Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Radan Fatah. Lampung.
- Nurrohmah, Nia Novita. 2022. Keanekaragaman Dan Kepadatan Cacing Tanah Sebagai Bioindikator Kualitas Tanah Pada Lahan Perkebunan Apel Konvensional Dan Semiorganik Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu. *Tesis*. Program Studi Magister Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Odum, Eugene P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. UGM Press : Yogyakarta.
- Oktarima, D. W. 2015. *Pedoman Mengoleksi, Preservasi serta Kurasi Serangga dan Arthropoda Lain* (pp. 1–93). Kementrian Peranian.
- Orr, A. G., 2003, A guide to the Dragonflies of Peninsular Malaysia and Singapore, Kota Kinabalu, Natural History Publications (Borneo).
- Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda R. 2011. *Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain*. Springer Science. New York.
- Pamungkas, M. T. O. A. 2016. Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter BOD 5 dan pH di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(2): 166-175.
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. 2016. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in life science*: 9(2).
- Patang, F., Soegianto, A., & Hariyanto, S. 2018. Benthic Macroinvertebrates Diversity as Bioindicator of Water Quality of Some Rivers in East Kalimantan , Indonesia. *International Journal of Ecology*. 11:2-11.
- Patra, B. C., Shit, P. K., Bhunia, G. S., & Bhattacharya, M. (Eds.). 2022. *River Health and Ecology in South Asia: Pollution, Restoration, and Conservation*. Springer Nature.
- Payung, W. R. 2017. Keanekaragaman Makrozoobentos (Epifauna) Pada Ekosistem Mangrove Di Sempadan Sungai Tallo Kota Makassar. *Skripsi*. Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Pertiwi, W., Bahri, S., Rokhim, S., & Firdhausi, N. F. (2020). Keanekaragaman dan pemerataan jenis Collembola gua di kawasan karst Malang Selatan. *BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology*. 4(2):134-139.
- Phan, Q. T., Kompier, T., Karube, H., & Hayashi, F. 2018. A synopsis of the Euphaeidae (Odonata: Zygoptera) of Vietnam, with descriptions of two new species of Euphaea. *Zootaxa*. 4375(2):151-190.
- Prahardika, B. A., & Styawan, W. M. L. D. 2020. Studi Keanekaragaman Diatom Epilitik serta Potensinya sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai di Coban Tarzan Kabupaten Malang. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*. 8(2), 116-124.
- Pribadi, T. (2014). Bagaimana Rayap dapat Digunakan sebagai Bioindikator. *Anterior Jurnal*. 14(1):20-28.
- Prommi, T. O. 2016. Descriptions of larvae of four species of Hydropsyche (Hydropsychidae: Trichoptera) from Thailand. *Zootaxa*. 4158(4):577-591.
- Purba, N. C., & Fitrihidajati, H. 2021. Kualitas Perairan Sungai Sadar Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos dan Kadar Logam Berat (Pb) di Kabupaten Mojokerto. *LenteraBio*. 10(3):292-301.

- Purnama, M. F., Admaja, A. K., & Haslianti, H. (2019). Bivalvia dan gastropoda perairan tawar di sulawesi tenggara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 25(3):191-202.
- Purusa, I, G. A., , I., Arthana, I. W., & Kartika, I. W. D. 2020. Keanekaragaman Dan Distribusi Makroinvertebrata Di Perairan Hulu Tukad Cangkir Dan Tukad Pakerisan Kabupaten Gianyar. *Jurnal Bumi Lestari*. 20:31.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, ., Agustriani, F., & Suteja, Y. 2019. Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat Dan Bod Di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*.11(1):65–74.
- Rachman, Hamdani, Agus Priyono, Yusli Wardiatno. 2016. Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai di Sub DAS Ciliwung. 2016. *Media Konservasi*. 21 (3). 261-269.
- Rahayu, Y., Juwana, I., & Marganingrum, D. 2018. Kajian perhitungan beban pencemaran air sungai di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung dari sektor domestik. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*.2(1):62-71.
- Rahman, A. 2017. Penggunaan Indeks BMWP-ASPT dan Parameter Fisika-Kimia untuk Menentukan Status Kualitas Sungai Besar Kota Banjarbaru. *Biodidaktika: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 12(1).
- Rahmatia, F., Sirait, M., & Ahmed, Y. 2020. Dampak Normalisasi Terhadap Struktur Komunitas Zooplankton di Sungai Ciliwung. *Biofaal Journal*.1(1):27–36.
- Rainbow, P. S. 2018. *Trace metals in the environment and living organisms: the British Isles as a case study*. Cambridge University Press.
- Ramadhawati, D., Wahyono, H. D., & Santoso, A. D. 2021. Pemantauan Kualitas Air Sungai Cisadane Secara Online Dan Analisa Status Mutu Menggunakan Metode Storet. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*.13(2):76-91.
- Ramadani, L. 2019. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Di Sungai Way Kedamaian Bandar Lampung .*Skripsi*. Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Raden Intan.Lampung.
- Ratih, I., Prihanta, W., & Susetyarin, R. E. 2015. Inventarisasi Keanekaragaman Makrozoobentos di Daerah Aliran Sungai Brantas Kecamatan Ngoro Mojokerto sebagai Sumber Belajar Biologi SMA Kelas X. *Jurnal pendidikan biologi indonesia*. 1(2): 158-169.
- Ridwan, M., Fathoni, R., & Fatihah, I. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di Empat Muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kaunyah Jurnal Biologi*, 9(1):57–65.
- Rismawati, L. 2020. Kajian Persepsi Dan Perilaku Masyarakat Terhadap Pencemaran Air Sungai MartapurA. *Enviro Scientiae*.16(3):6.
- Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. 2019. Efektivitas Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal Daur Lingkungan*.2(1):16.
- Romaidi, R., Prahardika, B. A., & Hasyim, M. A. 2020. Upaya peningkatan ekonomi dan pengurangan sampah domestik masyarakat Sumbersari

- melalui pemanfaatan aliran sungai untuk budidaya ikan mujair. *Journal of Research on Community Engagement (JRCE)*. 1(2), 54-62.
- Roziaty, Efri, Annur Indra Kusumadani, Ima Aryani. 2017. *Biologi Lingkungan*. Muhammadiyah University Press. Surakarta.
- Rufusova, A., Beracko, P., Bulánková, E., Derka, T., Kalaninová, D., Korte, T., & Stloukalová, V. 2017. *Benthic invertebrates and their habitats*. Comenius University in Bratislava. Bratislava.
- Said, E. N., Hariyati, Y., & Hartadi, R. 2012. Keuntungan Dan Kontribusi Usahatani Kopi Arabika Pada Berbagai Pola Tanam Terpadu Di Desa Sukorejo Kecamatan Sumber Wringin Kabupaten Bondowoso. *Berkala Ilmiah Pertanian*.10(10):1-6.
- Salim, Dafiuddin, Yuliyanto, Baharuddin. 2017. Karakteristik Parameter Oseanografi Fisika-kimia Perairan Pulau Kerumpunan Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*. 2 (2). 218-228.
- Sanjaya, R. E., & Iriani, R. 2018. Kualitas Air Sungai Di Desa Tanipah (Gambut Pantai), Kalimantan Selatan. *Biolink*.5(1):1-10.
- Sara, P. S., Astono, W., & Hendrawan, D. I. 2018. Kajian Kualitas Air Di Sungai Ciliwung Dengan Parameter Bod Dan Cod. *PSNC*. 0(0):591-597.
- Saraswati, N. L. G. R. A., Arthana, I. W., & Hendrawan, I. G. 2017. Analisis Kualitas Perairan Pada Wilayah Perairan Pulau Serangan Bagian Utara Berdasarkan Baku Mutu Air Laut. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*.3(2):163.
- Sari, Y. S. 2019. Mengolah COD Pada Limbah Laboratorium. *Jurnal Komunitas : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*.1(2):22-31.
- Schneider, M., Hurford, C., & Cowx, I. 2010. *Conservation Monitoring in Freshwater Habitats: A Practical Guide and Case Studies*. Belanda: Springer Netherlands.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al Mishbah : pesan, kesan dan keserasian Al-Qur'an*. Lentera Hati:Jakarta.
- Siahaan, Ratna, Andry Indrawan, Dedi Soedharma, Lilik B. Prasetyo. 2011. Kualitas Air Sungai Cisadane Banten Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11 (2). 269-272.
- Sianipar, Herna Febrianty. 2021. *Buku Ajar Avertebrata Air*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia : Tasikmalaya.
- Sidabutar, Evy Afriyani, Aida Sartimbul, Muliawati Handayani. 2019. Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut Terhadap Kedalaman di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 3(1) : 46-52.
- Simanjuntak, S. L., Muskananfolo, M. R., & Taufani, W. T. 2018. Analisis tekstur sedimen dan bahan organik terhadap kelimpahan makrozoobenthos di Muara Sungai Jajar, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*. 7(4):423-430.
- Simatupang, D., Restuhadi, F., & Dahril, T. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga Chlorella Sp Dan Em4 Untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jom Faperta*.4(1): 1-13.
- Sinaga, T. 2009. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba Balige Kabupaten Toba Samosir. *Tesis*. Program Studi Biologi Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.

- Sugiyarto, S., Hariono, B., & Wijaya, R. 2018. The impact of land use changes on carrying capacity of sampean watershed in Bondowoso Regency The impact of land use changes on carrying capacity of sampean watershed in Bondowoso Regency. *PSIFG*.(207) :1-6.
- Suharjono, S. 2021. Pengukuran Faktor-Faktor Fisika Kimia Sebagai Dasar Pengelolaan di Perairan Sungai Lilin Kabupaten Musi Banyuasin. *UNBARA Environmental Engineering Journal (UEEJ)*.1(02):21-31.
- Suheriyanto, D. 2012. Keanekaragaman Fauna Tanah di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Sebagai Bioindikator Tanah Bersulfur Tinggi. *SAINTIS*.
- Suheriyanto, D., Zuhro, Z., Farah, I. E., & Maulidiyah, A. 2019. The potential of soil arthropods as bioindicator of soil quality in relation to environmental factors at apple farm, Batu, East Java, Indonesia. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1217, No. 1, p. 012180). IOP Publishing.
- Sulaeman, D., Nurruhwati, I., Hasan, Z., & Hamdani, H. 2020. Spatial Distribution of Macrozoobenthos as Bioindicators of Organic Material Pollution in the Citanduy River, Cisayong, Tasikmalaya Region, West Java, Indonesia. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*.9(1): 32-42.
- Supusepa, J. 2018. Inventarisasi jenis kekerangan yang dikonsumsi masyarakat di Kepulauan Riau. *Jurnal Dinamika Maritim*.2(1):45–53.
- Suryanti, S., Fatimah, P. N. P. N., & Rudiyanti, S. 2020. Morfologi, Anatomi dan Indeks Ekologi Bulu Babi di Pantai Sepanjang, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *Buletin Oseanografi Marina*.9(2):93–103.
- Susanto. 2018. Universitas Muhammadiyah Purwokerto Profil Reproduksi Ikan Di Sungai Pelus Wilayah Kabupaten The 8 Th University Research Colloquium 2018 Universitas Muhammadiyah Purwokerto. *University Research Colloquium*.8:709–721.
- Susilo, V. E., Wowor, D., & Abror, M. N. 2020. Diversity of Freshwater Crab (Decapoda) in Meru Betiri National Park. *Journal of Physics: Conference Series*. 1465(1). 012008.
- Syaputri, M. D. 2017. Peran Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya Dalam Pengendalian Pencemaran Air Sungai Brantas. *Refleksi Hukum: Jurnal Ilmu Hukum*.1(2):131.
- Syukur, M. 2020. Jenis Jenis Pohon Penyangga Sungai Bonti Kecamatan Bonti Kabupaten Sanggau. *PIPER*. 16(30).
- Tisnawati, E., & Ratriningsih, D. 2011. Pengembangan konsep pariwisata sungai berbasis masyarakat. *Jurnal Aksitektur Komposisi*. 11(5):189–201.
- Ulfa, M., Gde, P., Julyantoro, S., Hermawati, A., & Sari, W. 2018. Keterkaitan Komunitas Makrozoobentos dengan Kualitas Air dan Substrat di Ekosistem Mangrove Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 4(2):179–190.
- Umanailo, S., Tahir, I., Akbar, N., Baksir, A., & Ismail, F. 2021. Distribusi Jenis Gastropoda di Aliran Sumber Air Panas Desa Payo dan Desa Bobo Kecamatan Jailolo Kabupaten Halmahera Barat. *Hemyscylum*.1(2):73–87.
- Wahyuningsih, E., Faridah, E., Budiadi, B., & Syahbudin, A. 2019. Komposisi dan Keanekaragaman Tumbuhan Pada Habitat Ketak (*Lygodium circinatum*

- (BURM.(SW.) DI Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(1):92-105.
- Wahyuningsih, S., Dharmawan, A., & Novita, E. 2020. Purifikasi alami sungai bedadung hilir menggunakan pemodelan streeter-phelps. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 19(2). 95-102.
- Wahyuningsih, S., Novita, E., & Ningtias, R. 2019. Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Bedadung Segmen Desa Rowotamtu Kecamatan Rambipuji Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 7(1):1-7.
- Wehrtmann, IS, Hernández-Díaz, D, & Cumberlidge, N. 2019. Freshwater Crabs as Predators and Prey: the Case of *Ptychophallus uncinatus* Campos & Lemaitre, 1999 (Brachyura, Pseudothelphusidae) from Costa Rica, Central America. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 47(1): 18-26.
- Wifarulah, Y. O., & Marlina, N. 2021. Analisis daya tampung beban pencemar BOD, COD, dan TSS di Sungai Widuri dengan menggunakan software QUAL2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*. 13(1). 1-16.
- Wijana, Sara I. M., Ernawati, N. M., & Ayu Pratiwi, M. 2019. Keanekaragaman Lamun Dan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan Pantai Sindhu, Sanur, Bali. *Ecotrophic : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*. 13(2):238.
- Yonar, M., Luthfi, O. M., & Isdianto, A. 2021. Dinamika Total Suspended Solid (TSS) Di Sekitar Terumbu Karang Pantai Damas, Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science*. 10(1):48-57.
- Yulhadis. 2018. Analisis Dampak Lingkungan Budidaya Ikan dalam Keramba di Waduk Sungai Paku Kecamatan Kampar Kiri Kabupaten Kampar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 12 (1). 1-14.
- Yulis, P. A. R. 2018. Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) Dan (Ph) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*. 2(1):28-36.
- Yusal, Muh Sri & Ahmad Hasyim. 2022. Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 20 (1) : 45-57.
- Yustiani, Yonik Meilawati, Sri Wahyuni, Arry Akbar Abdul Kadir. 2019. Identifikasi Nilai Laju Deoksigenasi di Daerah Padat Penduduk (Studi Kasus Sungai Cicadas Bandung). *Journal of Community Based Enviromental Engineering and Management*. 3(1) : 9-14.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. ALAT DAN BAHAN



pH meter Termometer dan TDS meter Jaring 1x1 mm



Tali raffia



Alkohol 70%



Pelampung

LAMPIRAN 2

ANALISIS KOMUNITAS MENGGUNAKAN PAST 4.03

	STASIUN				
	I	II	III	IV	V
TAXA_S	6	8	6	5	4
Individuals	58	68	71	70	50
Dominance_D	0,2449	0,2738	0,4029	0,3551	0,3088
Simpson_1-D	0,7551	0,7262	0,5971	0,6449	0,6912
Shannon_H	1,511	1,503	1,143	1,234	1,255
Evenness_e^H/S	0,7555	0,562	0,5225	0,6872	0,877
Brillouin	1,37	1,355	1,039	1,134	1,144
Menhinick	0,7878	0,9701	0,7121	0,5976	0,5657
Margalef	1,231	1,659	1,173	0,9415	0,7669
Equitability_J	0,8435	0,7229	0,6377	0,7669	0,9053
Fisher_alpha	1,681	2,355	1,563	1,232	1,023
Berger-Parker	0,3276	0,3971	0,5634	0,5143	0,4
Chao-1	6	9,5	6,5	5	4

Indeks yang diamati

LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN ANALISIS BIOTIK

ANALISIS INDEKS BIOTIK BMWP-ASPT							
No	Famili	Genus	Stasiun				
			I	II	III	IV	V
1	Gecarcinucidae	Parathelphusa	0	0	3	0	0
2	Athericidae	Atherix	0	8	0	0	0
3	Chironomidae	Gymnometriocnemus	0	0	2	2	0
4	Simuliidae	Prosimulium	5	5	0	0	0
5	Erpobdellidae	Erpobdella	0	3	0	0	0
6	Glossiphoniidae	Glossiphonia	3	3	3	3	0
7	Hydrobiidae	Potamopyrgus	3	3	3	3	3
8	Thiaridae	Tarebia	0	0	0	0	3
9	Euphaeidae	Euphaea	6	6	0	0	0
10	Baetidae	Baetis	0	5	5	5	5
11	Hydropsychidae	Hydropsyche	5	5	5	5	5
12	Philopotamidae	Chimarra	8	0	0	0	0
BMWP			30	38	21	18	16
ASPT			5	4.75	3.5	3.6	4

 Skoring BMWP

LAMPIRAN 4

HASIL ANALISIS R STUDIO

The screenshot displays the RStudio environment with the following components:

- Source Editor:** Contains R script code for loading data and performing a multi-level pattern analysis.
- Environment:** Shows the 'indval' object as a list of 8 observations with 15 variables.
- Files:** Lists various files in the project directory, including data files and PDF documents.
- Console:** Displays the execution output, including the results of the multi-level pattern analysis.

R Script Code:

```

1 library(indispesies)
2 library(permute)
3 groups = c(rep(1,3), rep(2,3), rep(3,3), rep(4,3), rep(5,3))
4 indval = multi patt(MAKROZOOBENTOS, groups, control = how(nperm = 999))
5 summary(indval)
6
7

```

Console Output:

```

R 4.2.3 > load("~/Rdata")
R 4.2.3 > summary(indval)

Multi level pattern analysis
-----
Association function: indval.g
Significance level (alpha): 0.05

Total number of species: 12
Selected number of species: 1
Number of species associated to 1 group: 0
Number of species associated to 2 groups: 0
Number of species associated to 3 groups: 0
Number of species associated to 4 groups: 1

List of species associated to each combination:

Group 2+3+4+5 #sps. 1
      stat p.value
BAETIS 0.957 0.046 *
-----
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.05 '*' 0.1 '.' 0.1 '.' 1

```

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta

LAMPIRAN 5

HASIL UJI LAB AIR



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15831 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji <i>Description of Sample</i>	: ST 1 U1	
Metode Pengambilan Contoh Uji <i>Sample Method</i>	: -	
Tempat Analisa <i>Place of Analysis</i>	: Laboratorium Lingkungan PJT I Malang	
Tanggal Analisa <i>Testing Date(s)</i>	: 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023	

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.78	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spekto)	mg/L	12.38	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O2/L	5.7	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	5.0	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	110.4	-	APHA 2540 C-2017	

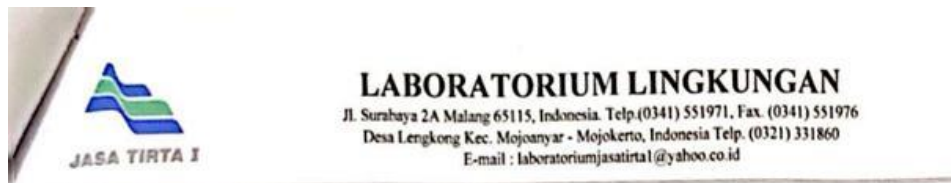
*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from :-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages

CS Dipindai dengan CamScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



Nomor : 15830 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 1 U2
Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji :-
Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA
Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.65	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	11.46	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	5.5	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	11.4	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	107.2	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages

CS Dipindai dengan CamScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



Nomor : 15833 S/LL.MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 1 U3
 Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
 Testing Date(s)



HASIL ANALISA
 Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/l.	4.37	-	APHA, 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/l.	12.14	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O2/l.	5.4	-	APHA 4500-O4G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l.	10.4	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l.	144.4	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page of this certificate or report is can't separately from all pages

CS Dipindai dengan CamScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15829 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 2 UI
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji :-
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.72	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	14.44	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O2/L	5.2	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	5.4	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	121.2	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15828 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 2 U2
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.77	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spekto)	mg/L	13.76	-	SNI 6989 2:2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	4.9	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	5.1	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	136.0	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15832 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 2 U3
 Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji :-
 Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
 Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.72	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/l	15.63	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	5.2	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	15.7	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	125.2	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halzman yang lainnya

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from

Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15819 S/LL MLG/1/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 3 U1
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.50	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	12.55	-	SNI 6989 2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	5.0	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	12.1	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	149.2	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
first page at this certificate or report is can't separately from all pages

CS Dipindai dengan CamScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15827 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 3 U2
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	4.70	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spekto)	mg/L	13.32	-	SNI 6989 2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O2/L	4.8	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	28.0	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	154.8	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This page at this certificate or report is made separately from all pages



Dipindai dengan CamScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15826 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 3 U3
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/l	4.55	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/l	13.13	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /l	5.3	-	APHA 4500-O ₄ -2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	275.5	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	176.8	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

First page at this certificate or report is can't separately from all pages

CS Dipindai dengan CamScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15825 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 4 U1
 Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
 Testing Date(s)



HASIL ANALISA
 Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	6.84	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	19.67	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	5.1	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	12.5	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	185.6	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan : -
 Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15824 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 4 U2
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	6.85	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	19.82	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O2/L	5.1	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	12.3	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Tertarut (TDS)	mg/L	211.2	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikasi atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar balaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkonng Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15823 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 4 U3
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	6.54	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektra)	mg/L	19.80	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /l	5.1	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	27.7	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	128.0	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15822 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 5 U1
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	6.01	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	18.11	-	SNI 6989 2:2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	5.4	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	48.0	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	194.0	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15820 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 5 U2
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	5.33	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektr)	mg/L	17.91	-	SNI 6989.2.2019	
3	Oksigen terlarut	mg O2/L	5.5	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	41.3	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	214.0	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: -



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 15821 S/LL MLG/I/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : ST 5 U3
Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji :-
Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 29 Desember 2022 - 12 Januari 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	5.22	-	APHA 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	17.71	-	SNI 6989.2-2019	
3	Oksigen terlarut	mg O ₂ /L	5,1	-	APHA 4500-O-G-2017	
4	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	52.9	-	APHA 2540 D-2017	
5	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	227.0	-	APHA 2540 C-2017	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Scanned by TapScanner

Keterangan : Gambar disamarkan untuk keperluan hak cipta