

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI JARAK
KECAMATAN WONOSALAM KABUPATEN JOMBANG**

SKRIPSI

**Oleh:
HERNANDA AFRA HANIYYAH
NIM. 17620044**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI JARAK
KECAMATAN WONOSALAM KABUPATEN JOMBANG**

SKRIPSI

**Oleh:
HERNANDA AFRA HANIYYAH
NIM. 17620044**

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

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI JARAK
KECAMATAN WONOSALAM KABUPATEN JOMBANG**

SKRIPSI

Oleh:
HERNANDA AFRA HANIYYAH
NIM. 17620044

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 27 September 2021

| | | |
|-------------------|--|---|
| Ketua Penguji | Prof. Dr. Drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si. NIP. 19741018 200312 2 002 |  |
| Anggota Penguji 1 | Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si. NIP. 19671113 199402 2 001 |  |
| Anggota Penguji 2 | Dr. Dwi Suheriyanto, M.P. NIP. 19740325 200312 1 001 |  |
| Anggota Penguji 3 | Mujahidin Ahmad, M. Sc. NIP. 19860512 201903 1 002 |  |

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Evika Sudi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002



**KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI JARAK
KECAMATAN WONOSALAM KABUPATEN JOMBANG**

SKRIPSI

**Oleh:
HERNANDA AFRA HANIYYAH
NIM. 17620044**

**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 13 September 2021**

Pembimbing I



Dr. Dwi Suherivanto, M.P.
NIP.19740325 200312 1 001

Pembimbing II



Mujahidin Ahmad, M. Sc.
NIP.198605122019031002



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi**


Dr. Eyika Sandi Savitri, M. P.
NIP.19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, kupersembahkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas rahmat dan nikmat sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk :

Kedua orang tua saya, Bapak Heru Cahyono dan Ibu Miftakhul Rohana yang telah memberi dukungan dan do'a yang tak terhenti, terimakasih telah bersabar dalam memenuhi hak saya untuk belajar hingga mendapat gelar sarjana ini.

Adikku Hervian Falahul Hanif dan segenap keluarga besar yang selalu menghiburku dan memberikan motivasi.

Tim penelitian makrozoobentos dan seluruh sahabat Biologi 2017 yang membantuku mewujudkan tugas akhir ini.

Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan seluruhnya, terimakasih atas segala doa, dukungan, kebersamaan, dan semangatnya.

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIHAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hernanda Afra Haniyyah
NIM : 17620044
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Keanekaragaman Makrozoobenthos di Kali Jarak
Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan 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 skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 September 2021
yang membuat pernyataan,



Hernanda Afra Haniyyah
NIM. 17620044

HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi 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

Kesabaran itu menolong segala pekerjaan

Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Jarak Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang

Hernanda Afra Haniyyah, Dwi Suheriyanto, Mujahidin Ahmad

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

ABSTRAK

Sungai mudah terdampak kegiatan masyarakat seperti aktivitas rumah tangga, pertanian, peternakan, pariwisata, hingga pertambangan. Kali Jarak yang berada di Kecamatan Wonosalam merupakan bagian hulu dari aliran sungai-sungai yang menuju ke Jombang dan sekitarnya, sehingga kualitas aliran sungainya harus senantiasa terjaga dan terpantau. Makrozoobentos menjadi salah satu komponen biotik yang dapat menunjukkan kualitas perairan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui indeks keanekaragaman dan indeks dominansi makrozoobentos, nilai parameter fisika-kimia air, serta korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan keanekaragaman makrozoobentos di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang. Penelitian ini menggunakan metode eksplorasi dengan 3 stasiun dan 3 kali ulangan di tiap stasiunnya. Identifikasi makrozoobentos dilakukan hingga tingkat genus. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan korelasi aplikasi PAST 4.03. Hasil penelitian menemukan 22 genus makrozoobentos. Nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,902 (stasiun 1), 1,130 (stasiun 2), dan 0,523 (stasiun 3). Nilai indeks dominansi sebesar 0,250 (stasiun 1), 0,516 (stasiun 2), dan 0,800 (stasiun 3). Suhu, pH, dan TDS seluruh stasiun memenuhi baku mutu air kelas I. Kecepatan arus seluruh stasiun 0,77 0-0,815 m/detik (cepat). DO stasiun 1 dan 2 termasuk kelas I, sedangkan stasiun 3 termasuk kelas II. COD stasiun 1 masuk kelas II, sedangkan stasiun 2 dan 3 termasuk mutu kelas III. Korelasi suhu (negatif) dan COD (negatif) paling kuat dengan *Heptagenia*. Korelasi pH tidak diketahui. Korelasi kecepatan arus (positif) dan korelasi TDS (negatif) paling kuat dengan *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, dan *Potamonautes*. Korelasi DO paling kuat dengan *Hirudo*, *Chrysophilus*, dan *Platycnemis* (positif) serta *Zygonyx* dan *Elophila* (negatif).

Kata kunci : dominansi, Kali Jarak, keanekaragaman, makrozoobentos

Macrozoobenthos Diversity in Kali Jarak, Wonosalam Subdistrict, Jombang Regency

Hernanda Afra Haniyyah, Dwi Suheriyanto, Mujahidin Ahmad

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

ABSTRACT

Rivers are easily affected by human activities such as household, agriculture, animal husbandry, tourism, and mining. Kali Jarak is the upstream rivers leading to Jombang area and its surroundings, so the quality of the river must be maintained and monitored. Macrozoobenthos can indicate water quality. The purpose of this study was to determine the diversity index and dominance index of macrozoobenthos, the value of water physico-chemical parameters, and the correlation between water physico-chemical parameters with macrozoobenthos diversity in Kali Jarak, Wonosalam Subdistrict, Jombang. This study uses an exploration method with 3 stations and 3 replications. Macrozoobenthos identification was carried out at the genus level. The correlation data were analyzed by PAST 4.03. The results of the study found 22 genera of macrozoobenthos. The diversity index values were 1.902 (station 1), 1.130 (station 2), and 0.523 (station 3). The dominance index values were 0.250 (station 1), 0.516 (station 2), and 0.800 (station 3). The temperature, pH, and TDS of all stations meet the class I water quality standards. The flow velocity of all stations is 0.77 - 0.815 m/s (fast). DO of stations 1 and 2 belong to class I, while station 3 are class II. COD at station 1 is classified as class II, while stations 2 and 3 are class III. The correlation of temperature (negative) and COD (negative) was strongest with *Heptagenia*. The pH correlation is unknown. Current velocity correlation (positive) and TDS correlation (negative) were strongest with *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, and *Potamonauta*. DO correlation was strongest with *Hirudo*, *Chrysophilus*, and *Platynemis* (positive), *Zygonyx* and *Elophila* (negative).

Keywords: diversity, dominance, Kali Jarak, macrozoobenthos

تنوع Macrozoobenthos في نهر Kali Jarak، في منطقة فرعية Wonosalam ، منطقة Jombang

هيرناندا أفرا هنية، دوي سو هيريانتو، مجاهدين أحمد

برنامج دراسة البيولوجيا، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية، مالانج.

ملخص البحث

تأثر النهر بسهولة من خلال الأنشطة المجتمعية التي يتم تنفيذها حوله. و Wonosalam هو الجزء العلوي من الأنهار المؤدية إلى Jombang والمناطق المحيطة بها ، لذلك يجب الحفاظ على جودة تدفق النهر ومراقبتها دائمًا. تعد Makrozoobentos أحد المكونات الحيوية التي يمكن أن تشير إلى جودة المياه. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد مؤشر تنوع وهيمنة Makrozoobentos، وقيمة المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه ، والعلاقة بين المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه وتنوع Makrozoobentos في نهر Kali Jarak ، منطقة فرعية Wonosalam ، منطقة Jombang. يستخدم هذا البحث الملاحظة الوصفية الكمية من خلال طريقة الاستكشاف بثلاث محطات وثلاث مكررات في كل المحطة. تم إجراء التعرف على Makrozoobentos على مستوى الاجناس. تم بعد ذلك تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من خلال الارتباط بتطبيق PAST 4.03 ووجدت نتائج الدراسة 22 اجناس من Makrozoobentos. كانت قيم مؤشر التنوع (المحطة I) 1.902 و(المحطة II) 1.130 و(المحطة III) 0.523. كانت قيم مؤشر الهيمنة (المحطة I) 0.250 و(المحطة II) 0.516 ، و(المحطة III) 0.800. تتوافق درجة الحرارة، و pH، و TDS لجميع المحطات مع معايير جودة المياه من الدرجة الأولى، سرعة التدفق لجميع المحطات سريعة نسبيًا. DO المحطة I والمحطة II ينتمي إلى الدرجة الأولى، بينما DO المحطة III ينتمي إلى الدرجة الثانية. يتم تصنيف COD في المحطة I على أنه من الدرجة الثانية ، بينما COD في المحطة II والمحطة III على أنه من الدرجة الثالثة. كانت العلاقة بين درجة الحرارة (سلبية) و COD (سلبية) أقوى مع *Heptagenia*. ارتباط pH غير معروف. كان ارتباط السرعة الحالية (إيجابي) وارتباط TDS (سلبية) أقوى مع *Potamopyrgus* و *Heliogomphus* و *Potamonautes*. كان ارتباط DO أقوى مع *Hirudo* و *Platycnemis* و *Chrysophilus* (إيجابي) و *Zygonyx* و *Elophila* (سلبية).

الكلمة الرئيسية : تنوع، هيمنة، Kali Jarak، macrozoobentos،

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Bimillahirrohmanirohim, puji syukur keagungan Allah Subhanahu Wata'ala atas limpahan rahmat, hidayat dan karunia-Nya hingga penulis diberikan kekuatan, kesempatan, dan kemudahan untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul “Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Jarak Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang” ini dengan baik sebagai salah satu langkah awal menuju gelar Sarjana Sains di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Semoga shalawat dan salam selalu tercurahkan untuk Baginda Nabi Muhammad Shallallahu alaihi wasallam, seluruh keluarga, sahabat, serta seluruh umatnya sampai akhir zaman. Penulis menyadari bahwasannya dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari kendala. Namun, kerja keras serta motivasi dari segala pihak turut memperlancar kemajuan penyusunan skripsi ini. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan seluruh jajarannya.
2. Dr. Sri Harini, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan seluruh jajarannya.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Dwi Suheriyanto, M.P. dan Mujahidin Ahmad, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan II dari Program Studi Biologi yang sudah memberikan waktu dan arahan untuk membimbing hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Ruri Siti Resmisari, M.Si. selaku dosen wali dari Program Studi Biologi yang telah membimbing penulis sepanjang perjalanan studi.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengampu mata kuliah yang selama ini telah mengajarkan pengetahuan dan banyak hal bermanfaat lainnya selama perkuliahan, beserta seluruh staf Program Studi Biologi.
7. Kedua orang tua tercinta yang tiada hentinya selalu mendoakan dan memberikan support, serta para saudara yang tanpa bosan memberi semangat dan do'a selama ini untuk penulis.
8. Seluruh teman kelas B Biologi 2017 “SQUIRREL” dan angkatan 2017 “WOLVES” yang selama ini telah memberikan motivasi dan kenangan tak mungkin terlupakan.
9. Serta segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis, yang memberikan do'a, dukungan, saran, dan bantuan pemikiran hingga skripsi ini dapat selesai disusun dengan baik.

Penulis dengan rendah hati berharap semoga Allah Subhanahu Wata'ala membalas segala bantuan dan dukungannya, sebagai penutup, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi inspirasi bagi peneliti lainnya serta memperbanyak khasanah ilmu pengetahuan.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Malang, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN SAMBUNG | i |
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | vi |
| HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI..... | vii |
| MOTTO | viii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| ملخص البحث | xi |
| KATA PENGANTAR | xii |
| DAFTAR ISI..... | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan masalah..... | 6 |
| 1.3. Tujuan penelitian..... | 6 |
| 1.4. Manfaat penelitian..... | 7 |
| 1.5. Batasan masalah | 7 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| 2.1 Sungai..... | 8 |
| 2.1.1 Definisi sungai..... | 8 |
| 2.1.2 Klasifikasi sungai | 9 |
| 2.1.3 Pemanfaatan sungai..... | 10 |
| 2.1.4 Parameter fisik-kimia sungai..... | 12 |
| 2.1.5 Baku mutu air sungai..... | 16 |
| 2.1.6 Pencemaran sungai | 18 |
| 2.2 Keanekaragaman | 19 |
| 2.3 Makrozoobentos | 21 |
| 2.3.1 Klasifikasi makrozoobentos | 21 |
| 2.3.2 Habitat makrozoobentos..... | 29 |
| 2.3.3 Peran makrozoobentos sebagai indikator biologi..... | 30 |
| 2.4 Profil Kali Jarak | 32 |
| 2.5 Integrasi | 33 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | 37 |
| 3.1 Rancangan penelitian | 37 |
| 3.2 Waktu dan tempat..... | 37 |
| 3.3 Alat dan bahan..... | 37 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 38 |
| 3.4.1 Studi pendahuluan | 38 |

| | |
|---|------------|
| 3.4.2 Pengambilan spesimen makrozoobentos dan sampel air | 40 |
| 3.4.3 Identifikasi spesimen makrozoobentos | 41 |
| 3.4.4 Pengukuran parameter fisika-kimia air | 42 |
| 3.5 Analisis data | 42 |
| 3.5.1 Indeks keanekaragaman | 42 |
| 3.5.2 Indeks dominansi..... | 43 |
| 3.5.3 Analisis korelasi | 43 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 44 |
| 4.1 Hasil identifikasi spesimen makrozoobentos..... | 44 |
| 4.2 Indeks keanekaragaman makrozoobentos..... | 77 |
| 4.3 Parameter fisika-kimia air sungai | 81 |
| 4.4 Korelasi keanekaragaman makrozoobentos dengan parameter fisika-kimia air sungai..... | 85 |
| 4. 5 Keanekaragaman biota perairan dalam integrasi Islam | 89 |
| BAB V PENUTUP..... | 92 |
| 5.1 Kesimpulan | 92 |
| 5.2 Saran | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA | 94 |
| LAMPIRAN..... | 100 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Kelompok utama makrozoobentos..... | 22 |
| 2.2 Morfologi Ephemeroptera..... | 24 |
| 2.3 Morfologi Plecoptera..... | 25 |
| 2.4 Morfologi Tricoptera..... | 26 |
| 2.5 Morfologi Odonata..... | 26 |
| 2.6 Morfologi Coleoptera..... | 27 |
| 3.1 Peta lokasi penelitian..... | 39 |
| 3.2 Foto lokasi penelitian..... | 40 |
| 4.1 Genus <i>Hydropsyche</i> | 44 |
| 4.2 Genus <i>Atherix</i> | 45 |
| 4.3 Genus <i>Limnophora</i> | 47 |
| 4.4 Genus <i>Ecnomus</i> | 48 |
| 4.5 Genus <i>Hirudo</i> | 50 |
| 4.6 Genus <i>Rhyacophila</i> | 51 |
| 4.7 Genus <i>Glossiphonia</i> | 53 |
| 4.8 Genus <i>Cordulegaster</i> | 54 |
| 4.9 Genus <i>Heptagenia</i> | 55 |
| 4.10 Genus <i>Caridina</i> | 57 |
| 4.11 Genus <i>Caenis</i> | 59 |
| 4.12 Genus <i>Chrysops</i> | 60 |
| 4.13 Genus <i>Chrysopilus</i> | 62 |
| 4.14 Genus <i>Potamopyrgus</i> | 63 |
| 4.15 Genus <i>Heliogomphus</i> | 65 |
| 4.16 Genus <i>Perlodes</i> | 66 |
| 4.17 Genus <i>Calopteryx</i> | 68 |
| 4.18 Genus <i>Potamonautes</i> | 69 |
| 4.19 Genus <i>Platycnemis</i> | 70 |
| 4.20 Genus <i>Baetis</i> | 72 |
| 4.21 Genus <i>Zygonyx</i> | 73 |
| 4.22 Genus <i>Elophila</i> | 75 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Baku mutu air sungai menurut PP No. 22 Th. 2021 | 17 |
| 2.2 Kelompok makan fungsional makrozoobentos | 22 |
| 3.1 Deskripsi stasiun pengamatan | 38 |
| 3.2 Perekam data | 42 |
| 4.1 Jumlah genus makrozoobentos | 76 |
| 4.2 Nilai indeks keanekaragaman dan indeks dominansi..... | 77 |
| 4.3 Hasil pengukuran parameter fisika-kimia air..... | 81 |
| 4.4 Hasil korelasi..... | 86 |

BAB I PENDAHULUAN

1. 1 Latar belakang

Air sangat penting dalam kehidupan karena merupakan salah satu zat dasar dalam pembentukan lingkungan hidup. Sumber daya ini dibutuhkan untuk menopang aktivitas vital manusia seperti nutrisi, respirasi, sirkulasi, ekskresi, dan reproduksi. Keberadaan air mempengaruhi ketersediaan pasokan makanan, kesehatan, dan standar hidup masyarakat. Sumber daya air juga menciptakan lingkungan yang produktif untuk semua makhluk hidup, habitat bagi berbagai flora dan fauna, serta berkontribusi signifikan terhadap hidrologi dan siklus kimia (Kilic, 2020). Air membentuk suatu ekosistem bersama dengan substansi biotik dan abiotik lain, salah satunya adalah ekosistem perairan lotik. Ekosistem lotik memiliki air yang bergerak mengalir, sebagai faktor pembatas bagi makhluk hidup yang tinggal di dalamnya (Abidin, 2018).

Salah satu sumber air di bumi yang dapat dimanfaatkan adalah sungai. Namun, sungai sebagai perairan lotik mudah terdampak pencemaran dari beragam kegiatan masyarakat yang dilakukan di sekitar daerah aliran sungai (DAS) tersebut. Pencemaran tersebut menyebabkan penurunan kesehatan manusia terutama yang tinggal di sepanjang sempadan sungai yang sehari-hari menggunakan sungai tersebut. Pencemaran ini juga merusak kehidupan ekosistem sungai, sehingga keberadaan biota – biota sungai semakin menurun jumlahnya. Tentunya hal ini juga berdampak pada perekonomian masyarakat daerah aliran sungai (Arnop dkk., 2019). Pencemaran air selain menyebabkan penurunan persediaan air minum, juga mengancam kehidupan semua makhluk hidup di air. Keanekaragaman hayati di lautan, laut, danau, dan perairan lingkungan rusak

akibat pencemaran air. Sumber air juga terkontaminasi oleh bahan kimia yang digunakan secara tidak sadar dalam pertanian dan industri. Air yang terkontaminasi polutan kimia terbawa ke tempat yang berbeda melalui siklus hidrologi, mengancam keseimbangan ekologi dan kesehatan (Kilic, 2020).

Ekosistem sungai berfungsi sebagai tempat hidup bagi organisme akuatik yang sangat dipengaruhi keberadaannya oleh lingkungan di sekitarnya. Biota akuatik terdiri dari tumbuhan air atau makrofit, organisme benthik, perifiton, plankton, hingga ikan (Abidin, 2018). Makroinvertebrata merupakan salah satu organisme yang paling banyak ditemukan dan beragam di perairan tawar. Makroinvertebrata adalah target yang menarik dari upaya pemantauan biologis karena memiliki beragam spesies, kosmopolitan, menetap atau sesil, berumur panjang, dan sering bereaksi kuat sehingga dapat memprediksi pengaruh manusia pada ekosistem perairan. Terdapat pula tahap kehidupan sensitif yang merespon stress dan mengintegrasikan efek dari tekanan lingkungan, baik jangka pendek maupun jangka panjang (Ghosh & Bishwash, 2015).

Invertebrata benthik seperti nimfa *stonefly*, lalat capung, larva *caddisfly*, siput, kerang, krustasea, *rattailed maggot*, dan lainnya mampu mengubah dan mengangkut nutrisi dari suatu bagian badan air ke bagian lain, serta mempengaruhi siklus nutrisi. Organisme ini mencerna bahan organik seperti serasah daun dan detritus, juga membentuk hubungan dasar antara materi organik dan hewan air yang lebih tinggi di jaring makanan. Selain itu, organisme ini peka terhadap perubahan habitat dan pencemaran, terutama pencemaran organik (Fatima dkk., 2017).

Makrozoobentos yang teridentifikasi pada ekosistem perairan memiliki genus yang beranekaragam. Setiap genus memiliki karakteristik yang berbeda dari genus lainnya. Keanekaragaman tersebut pada secara garis besar disebutkan dari Al-Qur'an surah al-Fathir ayat 28 di bawah ini:

وَمِنَ النَّاسِ وَالْدَّوَابِّ وَالْأَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ، كَذَلِكَ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ
 الْعُلَمَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴿٢٨﴾

Artinya :

“ dan demikian (juga) di antara manusia, hewan-hewan melata dan hewan-hewan ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya). Sesungguhnya yang takut kepada Allah dari hamba-hamba-Nya, hanyalah orang-orang berilmu. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun.” (QS: Al-Fathir [35]: 28)

Menurut tafsir Ibnu Katsir dalam al-Khalidi (2017), *makhluk bergerak yang bernyawa dan hewan-hewan ternak, ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya)* menunjukkan Allah Subhanahu Wata'ala menciptakan binatang dengan warna yang bermacam-macam. *Dawab* adalah setiap hewan yang berjalan dengan kaki. Kata *an'am* yang jatuh setelahnya diathaf-kan padanya, termasuk dalam pengertian *'athaf* khas pada *'am*: dan binatang-binatang memiliki warna yang bermacam-macam. Demikian juga hewan melata dan hewan ternak beraneka ragam warnanya, walaupun masih tergolong satu jenis. Satu jenis hewan ada yang mempunyai warna kulit beraneka ragam, di antaranya ada yang berwarna blonde dan warna-warna lainnya. Mahasuci Allah, sebaik-baik yang menciptakan.

Al-Qur'an hanya menggambarkan keanekaragaman makhluk hidup, baik flora maupun fauna dalam garis besar. Orang-orang yang berilmu akan mengembangkan tanda-tanda yang disebutkan dalam al-Qur'an menjadi sains dengan integrasi. Al-Qur'an dari sisi ontologis menjabarkan keanekaragaman hayati merupakan anugerah pemberian Allah Subhanahu Wata'ala yang harus

disyukuri kehadirannya oleh umat manusia, serta dimanfaatkan sebaik mungkin. Selain itu, keanekaragaman perlu dipelajari hikmah dan kegunaan sesungguhnya untuk manusia, karena segala ciptaan tidak dijadikan dengan sia-sia (Mustaqim, 2013).

Selain komponen biotik, ekosistem sungai juga tersusun atas komponen abiotik, yang antara keduanya berkaitan. Berbagai faktor biotik dan abiotik sangat mempengaruhi keberadaan makrozoobentos di lingkungan perairan. Faktor abiotik melibatkan beberapa parameter kimia dan fisik perairan seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, dan substrat dasar perairan. Pengamatan kondisi fisik (jenis substrat) dan kimia (kandungan bahan organik) terkait dengan struktur komunitas makrozoobentos sangat penting untuk dilakukan (Aisyah dkk., 2020).

Kecamatan Wonosalam adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Jombang, Jawa Timur, yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan sebagai desa pariwisata (Wahyuni & Susilowati, 2020). Wonosalam memiliki daya tarik destinasi wisata yang besar, terutama ekowisata. Ekowisata di Wonosalam dengan produk utama menjelajah hutan, mata air, hingga sungai, juga *bird watching*, serta berpeluang untuk dikombinasikan bersama agrowisata tanaman buah dan non-buah, antara lain durian, coklat, kopi, dan cengkeh (Satrya, 2018). Karena posisinya di lereng Gunung Anjasmoro, sungai di kecamatan tersebut merupakan bagian hulu dari aliran sungai-sungai yang menuju ke daerah Jombang dan sekitarnya. Supaya tetap mengalirkan air yang layak guna untuk keperluan manusia dan makhluk hidup lain di bagian hilir, kualitas aliran sungai di Wonosalam sebagai bagian hulu harus senantiasa terjaga (Firdhausi dkk., 2019). Salah satu sungai yang melintasi Kecamatan Wonosalam yakni Kali Jarak,

yang memiliki panjang totalnya 12,8 KM dengan hulu berasal dari klaster Pegunungan Argowayang, dan hilir menyatu dengan Kali Pakel. Sungai ini dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk irigasi, perikanan, hingga pariwisata (Dinas PUPR Kab. Jombang, 2021). Selain itu, aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan berenang juga masih ditemui.

Penggunaan keanekaragaman makrozoobentos untuk indikator penentuan kualitas perairan sungai telah diteliti sebelumnya oleh Nangin dkk. (2015) di Sungai Suhuyon, Sulawesi Utara. Makrozoobentos yang ditemukan terdiri atas 3 filum, 4 kelas, 10 bangsa, 21 suku dan 22 marga. Sungai tersebut termasuk kategori tercemar sedang berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dengan nilai $H' = 2,45$. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Mahardika dkk. (2020) di Sungai Seloatap, Desa Galengdowo, Kecamatan Wonosalam, diketahui kondisi perairan berdasarkan keragaman makroinvertebrata tergolong tercemar ringan hingga berat. Nilai keanekaragaman tertinggi $H' = 3,3$ (tercemar ringan) pada titik 1 dikarenakan terletak di daerah jarang pemukiman maupun peternakan, serta sempadan sungai ditumbuhi vegetasi. Nilai keanekaragaman paling rendah sebesar $H' = 1,43$ (tercemar berat) pada titik 2 dikarenakan terletak di daerah pemukiman cukup padat dan peternakan sapi perah yang menyumbang debit dan beban organik.

Sampai saat ini, informasi yang tersedia untuk keanekaragaman makrozoobentos sungai di Kabupaten Jombang dirasa belum cukup banyak, terutama di Kali Jarak. Padahal jika dilakukan penelitian lebih lanjut dengan faktor fisika-kimia air dapat dianalisis korelasinya sehingga memberikan informasi kualitas air sungai. Maka untuk itu, perlunya dilakukan penelitian ini

dalam rangka mengetahui terjadi atau tidaknya pencemaran akibat kegiatan masyarakat sekitar Kali Jarak menggunakan parameter biologi berupa tingkat keanekaragaman makrozoobentos.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apa saja genus makrozoobentos yang ditemukan di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang?
2. Berapa indeks keanekaragaman dan indeks dominansi makrozoobentos di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang?
3. Berapa nilai parameter fisika-kimia air di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang?
4. Bagaimana korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan keanekaragaman makrozoobentos di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui genus makrozoobentos yang ditemukan di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.
2. Mengetahui indeks keanekaragaman dan indeks dominansi makrozoobentos di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.
3. Mengetahui nilai parameter fisika-kimia air di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.

4. Mengetahui korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan keanekaragaman makrozoobentos di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.

1. 4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang peranan makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan yang berkaitan dengan parameter fisika-kimia di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kondisi perairan sehingga menjaga kelestarian lingkungan di aliran Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.
3. Memberikan inspirasi untuk diadakan penelitian lanjut mengenai potensi organisme akuatik sebagai bioindikator kualitas perairan sungai.

1. 5 Batasan masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Objek yang digunakan adalah makrozoobentos di dasar perairan dan batuan dalam plot yang terperangkap pada jaring.
2. Parameter fisika-kimia yang diukur antara lain suhu, pH, kecepatan arus, DO (*dissolved oxygen*), COD (*chemical oxygen demand*), dan TDS (*total dissolved solid*).
3. Identifikasi spesimen makrozoobentos dilakukan berdasarkan pengamatan morfologi hingga tingkat genus.
4. Pengamatan dilaksanakan pada bulan Mei 2021 bertepatan dengan musim kemarau.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Sungai

2.1.1 Definisi sungai

Kali dapat diartikan sebagai sungai, yakni aliran air yang besar (biasanya buatan alam) (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, 2020). Sungai didefinisikan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2021 sebagai aliran atau tampungan air yang terbentuk alami maupun buatan berupa jaringan pengairan serta airnya, diawali dari hulu hingga muara, tepi kanan dan kirinya dibatasi dengan garis sempadan. Sungai adalah wilayah permukaan bumi yang posisinya lebih rendah daripada wilayah di sekitarnya dan mengalirkan air tawar menuju danau, rawa, laut, atau pertemuan dengan sungai lainnya. Sungai merupakan salah satu sumber air sebagai fitur alami dan integritas ekologis dengan fungsi yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan dan keberlangsungan hidup manusia (Latuamury, 2020).

Sungai mencakup perairan yang mengalir dengan ukuran yang sangat bervariasi. Air yang mengalir dapat diurutkan berdasarkan ukuran yang mencakup debit, daerah tangkapan air, dan panjang saluran. Sepanjang kontinum dari aliran hulu ke sungai besar terdapat gradien kemiringan, lebar, dan kedalaman saluran. Gradien ideal dalam geomorfologi menjadi dasar untuk memahami struktur dan fungsi sungai. Misalnya, lebar saluran sungai yang lebih besar mengurangi pentingnya input riparian, sementara kedalaman yang lebih besar mengurangi pengaruh proses benthik. Sungai dalam pengaturan alaminya menunjukkan

geomorfologi kompleks yang menimbulkan variasi bentuk dan fungsi, serta menyediakan habitat yang beragam untuk biota air (Likens, 2010).

2.1.2 Klasifikasi sungai

Sungai pada umumnya digolongkan dalam beberapa bagian, bermula dari sumber mata air yang mengalir ke anak sungai. Beberapa anak sungai kemudian bergabung membentuk aliran sungai utama. Ujung sungai tempat sungai menyatu dengan laut disebut muara. Sungai-sungai di wilayah hulu (pegunungan) memiliki kemiringan terjal (*steep slope*), aliran sungai mengalir kuat (*stream power*) dan umumnya cepat, curah hujan tinggi, terjadi erosi yang disebabkan longsoran tebing, penampang sungai berbentuk V dan dasar sungai berupa bebatuan besar, kerikil, dan pasir. Pada zona transisi bentuk penampang sungai berubah dari huruf V menjadi U. dengan kemiringan dasar sungai $< 2\%$, berangsur-angsur melandai, mengalami perubahan debit aliran, substrat dasar sungai relatif lebih halus daripada daerah hulu. Karakteristik sungai di wilayah hilir memiliki kemiringan relatif landai hingga mendekati nol. Bentuk sungai berpola meander, proses agradasi (sedimentasi) lebih dominan, periode banjir relatif lebih lama, serta substrat dasar sungai lebih halus daripada daerah peralihan maupun hulu (Latuamury, 2020).

Klasifikasi berdasarkan luas DAS (Daerah Aliran Sungai) dan lebarnya digolongkan sebagai berikut (Heinrich & Hergt, 1999):

- a. Kali kecil dari mata air: memiliki luas DAS $0-2 \text{ km}^2$, lebar sungai $0-1 \text{ m}$.
- b. Kali kecil: memiliki luas DAS $2-50 \text{ km}^2$, lebar sungai $1-3 \text{ m}$.
- c. Sungai kecil: memiliki luas DAS $50-300 \text{ km}^2$, lebar sungai $3-10 \text{ m}$.
- d. Sungai besar: memiliki luas DAS lebih dari 300 km^2 , lebar sungai $>10 \text{ m}$.

2.1.3 Pemanfaatan sungai

Sebagai sumber air, sungai dimanfaatkan oleh masyarakat untuk berbagai keperluan dan kegiatan, seperti rumah tangga, industri, pertanian, sumber daya mineral dan penggunaan lainnya (Abidin, 2018). Pemanfaatan aliran sungai yang dapat dikendalikan untuk keperluan manusia antara lain: (1) Pembangunan bendungan untuk mengatur aliran sungai, cadangan air, dan memproduksi energi, (2) Pendirian tanggul untuk mengantisipasi aliran sungai melebihi batas dataran banjir, (3) Pembuatan kanal penghubung sungai-sungai untuk menyalurkan air dan sistem navigasi, (4) Modifikasi atau pelurusan badan sungai sungai untuk meningkatkan navigasi dan aliran rata-rata sungai (Latuamury, 2020).

Pembangunan sungai beserta sempadannya mengacu pada Peraturan Pemerintah nomor 38 tahun 2011 Pasal 18 sampai dengan pasal 33, sebagai bagian dari pengelolaan sumber daya air dan pemanfaatannya. Ada banyak kegunaan sungai, antara lain kebutuhan domestik, pertanian, sanitasi lingkungan, kegiatan industri, rekreasi, olahraga, transportasi, pertahanan, budidaya, dan pembangkit listrik. Penggunaan sungai harus selalu melindungi keanekaragaman hayati, menjaga karakteristik dan adat masyarakat sekitar, serta tidak merusak ekosistem maupun mengganggu aliran sungai. Prinsip dalam penggunaan sungai adalah mengutamakan pemenuhan kepentingan pokok masyarakat, melakukan kegiatan pertanian melalui sistem pengairan yang ada, dan memiliki alokasi untuk menjaga aliran sungai (Juwono & Subagiyo, 2019).

Kebutuhan air untuk berbagai keperluan rumah tangga termasuk mandi, minum, memasak, mencuci, dan kebersihan. Konsumsi air berkorelasi signifikan dengan ukuran rumah tangga dan usia kepala rumah tangga. Menurut catatan

Bank Dunia, setengah dari populasi dunia tinggal di daerah pedesaan dengan penggunaan air dominan domestik. Rumah tangga pedesaan menggunakan air untuk keperluan dalam ruangan meliputi konsumsi (minum) serta kebersihan (mandi, cuci, dan pembersihan), sedangkan kegiatan di luar ruangan meliputi mencuci kendaraan, air ternak, taman, dan pembersihan halaman (Ogunbode & Ifabiyi, 2017).

Penyediaan air bersih untuk peternakan juga sangat penting untuk pemeliharaan fungsi vital dan produksi. Air juga digunakan dalam kegiatan tidak langsung yang meliputi: pembersihan hewan, penampungan, pencucian dan persiapan pakan ternak, penyembelihan, pengolahan produk hewan, dan penyamakan kulit. Namun, kebutuhan untuk minum dan layanan lainnya hanya 0,6% dari air tawar yang digunakan dalam pertanian (Cristina, 2019). Peternakan besar menimbulkan ancaman yang lebih tinggi terhadap lingkungan daripada peternakan kecil karena konsentrasi ternak yang lebih besar di satu area. Karena aktivitas pertanian, sejumlah besar bahan biogenik seperti nitrogen dan fosfor, memasuki ekosistem air dan merusak lingkungan dengan menyebabkan eutrofikasi air permukaan (Česonienė dkk., 2019).

Sungai merupakan bagian dari lingkungan alam yang dimanfaatkan untuk kegiatan pariwisata dan rekreasi. Kegiatan ini berperan pada kesejahteraan ekonomi, fisik, dan mental manusia, sehingga sungai harus digunakan secara berkelanjutan antar generasi. Berkenaan dengan tujuan alam, digunakan istilah 'ekowisata', mengacu pada definisi perjalanan yang bertanggung jawab di mana pengunjung menyadari dan memperhitungkan efek dari tindakannya, baik pada budaya tuan rumah dan lingkungan. Pemanfaatan destinasi pariwisata yang

berkelanjutan seperti sungai sedemikian rupa sehingga kebutuhan wisatawan saat ini terpenuhi sambil melindungi dan meningkatkan peluang bagi wisatawan masa depan (Musa, 2014).

Sungai menghasilkan bahan yang terdiri dari mineral-mineral padat yang sesuai untuk konstruksi, sehingga sungai juga menjadi sumber utama pasir dan kerikil. Penambangan pasir digunakan sebagai istilah umum yang mencakup penambangan agregat sungai dari berbagai ukuran partikelnya. Namun, kegiatan ini mendapat perhatian media global yang meningkat karena persepsi dampak lingkungan dan sosial yang negatif. Dampak penambangan pasir di sungai dapat bersifat langsung atau tidak langsung. Dampak langsung berimbas terhadap dampak ekosistem, seperti akibat pemindahan habitat dataran banjir. Dampak tidak langsung berkaitan dengan perubahan ekosistem fisik sungai akibat ekstraksi pasir. Misalnya, pemindahan material dari sungai dapat mengubah saluran, hidrolis sungai, atau endapan sedimen yang dapat mengubah distribusi habitat dan fungsi ekosistem (Koehnken dkk., 2020).

2. 1. 4 Parameter fisik-kimia sungai

Sebagai tempat berlangsungnya kehidupan organisme perairan, air termasuk salah satu aspek penting yang harus diperhatikan, baik parameter fisik, kimia, maupun biologi. Parameter fisik berupa parameter yang dapat teramati akibat perubahan sifat fisik air, seperti suhu, cahaya, warna, kekeruhan, kecerahan, total padatan tersuspensi (TSS), total padatan terlarut (TDS), dan salinitas air. Sementara itu, parameter kimiawi air adalah parameter air yang dapat diukur sebagai hasil reaksi kimia di dalam air (misalnya, pertukaran ion terlarut dalam air). Parameter biologi adalah organisme akuatik yang ditemui dalam air dan

hidup bersama, baik berukuran mulai dari mikro hingga makro, maupun jenis tumbuhan dengan hewan. (Tim BSE, 2014).

Parameter fisika yang dapat diukur secara fisik akan mempengaruhi kehidupan organisme akuatik, antara lain:

a. Suhu

Suhu dalam hal ini didefinisikan sebagai ukuran panas atau dinginnya suatu perairan. Sebaran suhu di atmosfer berkaitan erat dengan radiasi matahari, sehingga menyebabkan adanya perubahan suhu setiap waktu (Fadholi, 2013). Suhu menjadi salah satu faktor ekologi yang paling erat dengan garis lintang, ketinggian, musim, dan jarak aliran dari mata air atau sumbernya (Hussain & Pandit, 2012). Suhu dapat mempengaruhi laju reaksi kimia serta tatanan kehidupan dalam perairan, baik pada benda padat maupun gas (Susanto, 2015). Suhu berperan penting terhadap karakteristik fisik dan kimia lingkungan perairan, mempengaruhi laju fiksasi CO_2 oleh fitoplankton (produktivitas primer), dan kelarutan gas seperti O_2 , CO_2 dan NH_4^+ yang pada saat tertentu akan mempengaruhi semua organisme akuatik (Gawad & Abdel-Aal, 2018). Jika suhu badan air masih kurang dari *lethal temperature* yaitu $35\text{-}40^\circ\text{C}$ untuk organisme bentik, maka dapat dikatakan suhu tersebut normal dan tidak akan membahayakan kehidupan organisme akuatik (Irwan dkk., 2017).

b. Kecepatan arus

Kecepatan arus dan debit air dapat dipengaruhi oleh topografi, sedimentasi, curah hujan, sampah, atau hal-hal lainnya dalam aliran air (Herawati dkk., 2020). Namun, arus yang deras dapat mengikis kandungan nutrisi dan mengurangi suplai makanan bagi biota akuatik (Sulaeman dkk., 2020). Kecepatan

arus sungai dapat dibagi dalam 5 kategori yakni: sungai berarus sangat cepat (memiliki kecepatan di atas 1 m/s), sungai berarus cepat (memiliki kecepatan sekita 0,5 hingga 1 m/s), sungai berarus sedang (memiliki kecepatan sekitar 0,25 hingga 0,5 m/s), sungai berarus lambat (memiliki kecepatan sekitar 0,1 hingga 0,25 m/s), dan sungai berarus lambat (memiliki kecepatan di bawah 0,1 m/s). Makhluk hidup yang bersifat bentos lebih sering dijumpai pada perairan dengan arus kuat, serta memiliki siklus metabolisme yang lebih cepat dibandingkan makhluk hidup pada perairan dengan arus lemah (Ratih dkk., 2015).

c. Total dissolved solid (TDS)

TDS menunjukkan kandungan garam anorganik dan beberapa senyawa organik yang terlarut di suatu perairan. Perubahan konsentrasi TDS dalam air secara alamiah umumnya diakibatkan oleh buangan industri, kenaikan curah hujan, atau masuknya air laut ke perairan tawar (intrusi) (Ibrahim dkk., 2020). Sumber utama TDS di perairan berasal dari limbah pertanian, rumah tangga, dan industri. Beberapa sumber alami total padatan terlarut berawal dari pelapukan batuan dan pelarutan tanah. Zat kimia dapat berupa kation, anion, molekul, atau agregat dari ribuan molekul. Unsur kimia yang umum dijumpai adalah kalsium, fosfat, nitrat, kalium, natrium, dan klorida. Tinggi rendahnya konsentrasi TDS bisa dikaitkan dengan *input* berupa padatan total, dengan padatan tersuspensi sebagai bentuk utamanya. Lahan yang digunakan di sepanjang sungai dari hulu ke hilir (terutama rumah dan perkebunan) dapat menyebabkan partikel tanah berukuran tersuspensi terkikis dan kemudian masuk ke saluran air (Irwan dkk., 2017).

Sedangkan parameter kimia air yang merupakan senyawa hasil reaksi kimia baik organik maupun inorganik yang berada di perairan, antara lain :

a. pH

pH adalah nilai yang menggambarkan ukuran keasaman atau kebasaan dalam air yang menjadi faktor pembatas untuk kehidupan makhluk hidup (Ibrahim dkk., 2020). Perubahan pH dapat berdampak pada setiap organisme yang berkaitan langsung dengan air. Sebagian besar organisme akuatik akan sensitif terhadap perubahan pH, sedangkan kisaran pH yang optimal bagi organisme air sekitar 7-8,5 (Sulaeman dkk., 2020). Penurunan pH air sungai dapat memicu pelepasan logam berat yang bersifat racun bagi organisme akuatik (Hussain & Pandit, 2012). Berbagai proses kimia dan biologi dalam air dapat meningkatkan nilai alkalinitas maupun keasaman. Peningkatan alkali ini disebabkan oleh input limpasan pertanian ke sungai. Adanya aliran sungai membantu menetralkan basa dan asam yang ada di sungai, menyebabkan nilai pH di setiap aliran masih signifikan (Oktarina & Syamsudin, 2017).

b. *Dissolved oxygen* (DO)

DO atau oksigen terlarut tergantung pada: suhu, keberadaan tumbuhan fotosintetik, tingkat penetrasi cahaya yang tergantung pada kedalaman dan kekeruhan air, kesadahan aliran air, jumlah bahan organik yang terurai di dalam air, seperti sampah, ganggang mati, atau limbah industri (Sulaeman dkk., 2020). Kadar oksigen terlarut sebesar 2 mg/L dalam air dinilai telah mencukupi kebutuhan kehidupan organisme perairan (Ibrahim dkk., 2020). Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar DO di perairan sungai adalah difusi oksigen dan kecepatan arus. Oksidasi dapat meningkat tajam ketika terjadi kenaikan suhu dan

volume air limbah bertambah (Herawati dkk., 2020). Kelarutan oksigen sebagian besar dipengaruhi dengan suhu permukaan air secara nonlinier. Faktor lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi jumlah oksigen terlarut di badan air yakni tumbuhan air, tingkat pencemaran organik, kepadatan sebaran fauna, dan pola curah hujan (Dirisu dkk., 2018).

c. Chemical oxygen demand (COD)

COD adalah singkatan dari *Chemical Oxygen Demand*, atau kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap pelepasan material di dalam air (Prambudy dkk., 2019). Kebutuhan oksigen kimiawi menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh oksidan untuk mengoksidasi secara kimiawi bahan organik di dalam air, dalam ppm atau miligram per liter. Bahan organik itu biasanya tidak mengalami biodegradasi yang cepat seperti uji kebutuhan oksigen biokimia selama lima hari, tetapi dapat turut serta menurunkan kualitas air (Kristanto, 2002). Semakin tinggi nilai BOD dan COD yang dalam suatu perairan menandakan semakin banyak bahan organik yang terdapat pada badan air (Susanto, 2015).

2.1.5 Baku mutu air sungai

Baku mutu air menurut PP RI No. 22 Th. 2021 didefinisikan sebagai batas ukuran atau kandungan organisme, zat, energi, atau komponen yang sudah ada atau harus ada di dalam air dan / atau unsur pencemar yang dapat ditoleransi. Melalui baku mutu air, kualitas suatu badan air bisa digolongkan ke dalam kategori tertentu menurut tingkat pencemarannya, baik menurut baku mutu yang ditetapkan, maupun telah tercemar sampai taraf tertentu, seperti pencemaran

ringan, sedang, atau parah (Arnop dkk., 2019). Klasifikasi mutu air dalam Pergub Jatim No. 61 Th. 2010 digolongkan dalam 4 kelas air:

- a. kelas I, dapat digunakan sebagai air baku untuk air minum, dan / atau kebutuhan lain yang memerlukan kualitas air setara dengan keperluan di atas;
- b. kelas II, dapat digunakan untuk sarana / prasarana hiburan air, peternakan, budidaya ikan air tawar, pengairan tanaman, dan / atau kebutuhan lain yang memerlukan kualitas air setara dengan keperluan di atas;
- c. kelas III, dapat digunakan untuk peternakan, budidaya ikan air tawar, pengairan tanaman, dan / atau kebutuhan lain yang memerlukan kualitas air setara dengan keperluan di atas;
- d. kelas IV, dapat digunakan untuk pengairan tanaman dan / atau keperluan lain, dan kualitas airnya harus sesuai dengan tujuan tersebut.

Batasan ukuran parameter kualitas perairan tiap kelas air disebutkan dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran dalam tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Sungai menurut PP No. 22 Th. 2021

| Parameter | Satuan | Baku Mutu | | | |
|-----------|----------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | I | II | III | IV |
| Suhu | ⁰ C | Dev 3 | Dev 3 | Dev 3 | Dev 3 |
| pH | - | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 |
| DO | Mg/l | 6 | 4 | 3 | 1 |
| COD | Mg/l | 10 | 25 | 40 | 80 |
| BOD | Mg/l | 2 | 3 | 6 | 12 |
| TDS | Mg/l | 1000 | 1000 | 1000 | 2000 |
| TSS | Mg/l | 40 | 50 | 100 | 400 |

2. 1. 6 Pencemaran sungai

Pencemaran adalah terjadinya tatanan lingkungan yang berubah karena adanya komponen asing atau benda yang masuk ke lingkungan tersebut. (Tis'in, 2017). Pencemaran air menurut PP RI No. 22 Th. 2021 adalah aktivitas manusia yang menyebabkan organisme, zat, energi, dan / atau komponen lain masuk ke dalam badan air sehingga melebihi baku mutu air yang ditentukan. Sampah, buangan cair, dan polutan lain semisal pestisida, pupuk, pemakaian detergen untuk senyawa pembersih, pemakaian bahan pembungkus yang menghasilkan banyak limbah, dan sebagainya dapat menyebabkan pencemaran air. Air yang tercemar oleh limbah organik menjadi tempat yang subur untuk perkembangbiakan mikroorganisme, termasuk mikroba patogen (Anisafitri dkk., 2020). Kandungan detergen dalam limbah cair domestik meningkatkan nutrisi, terutama yang tinggi nitrogen dan fosfor, biasanya menyebabkan eutrofikasi. Bau tidak sedap akibat bahan volatil, gas terlarut, dan hasil samping juga timbul dari pembusukan bahan organik seperti hidrogen sulfida (H_2S). Dampak negatif lain dari limbah domestik yaitu penurunan keragaman biota air karena senyawa B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang masuk ke dalam badan air (Sulistia & Septisya, 2019).

Pengertian limbah dalam PP No. 22 Th. 2021 adalah buangan suatu kegiatan dan/atau usaha. Limbah dapat dibedakan ke dalam empat macam berdasarkan karakteristiknya, antara lain: limbah padat, limbah cair, limbah gas/partikulat, serta limbah B3. Air limbah biasanya tersusun atas kadar air 99,9% dan komponen padat 0,1%. Bahan padat ini berupa bahan organik 70% dan anorganik 30% (Pitoyo dkk., 2016).

2. 2 Keanekaragaman

Konsep keanekaragaman yang sering digunakan di seluruh spektrum disiplin ilmu, termasuk ekologi, didefinisikan sebagai ukuran kisaran dan distribusi suatu komponen dalam populasi tertentu (Xu dkk., 2020). Dua aspek utama dalam keanekaragaman meliputi jumlah spesies dalam komunitas dan kelimpahan tiap-tiap spesies tersebut. Oleh karena itu semakin kecil jumlah spesies dan variasi jumlah masing-masing spesies, atau terdapat keberadaan individu yang lebih banyak, maka dapat dikatakan semakin kecil keanekaragaman suatu ekosistem tersebut. Begitu pula kebalikannya, semakin banyak jumlah dan variasi jumlah masing-masing spesies, serta tanpa adanya spesies dominan, dapat dikatakan makin tinggi tingkat keanekaragaman (Tis'in, 2017).

Keanekaragaman dapat dijelaskan dalam 3 tingkatan. Keanekaragaman alfa (α) menunjukkan kekayaan spesies pada tingkat komunitas individu, sedangkan keanekaragaman beta (β) menunjukkan tingkat peralihan spesies antara dua komunitas yang berdampingan. Keanekaragaman gamma (γ) mewakili jumlah spesies di beberapa komunitas yang berdampingan, dan pada tingkat lanskap. Keanekaragaman alfa (α) pada dasarnya dapat dipelajari untuk dua karakteristik terpentingnya yakni dominasi dan keanekaragaman (Thukral dkk., 2019).

Indeks Shannon menyajikan karakteristik yang baik dan dapat digunakan secara luas daripada keseluruhan indeks tingkat keanekaragaman lainnya. Simpson mengembangkan indeks pertama yang menunjukkan kemungkinan dua individu yang dipilih secara acak berasosiasi dengan spesies yang sama. Jika suatu sistem terdiri dari informasi yang terkonsentrasi pada satu atau beberapa spesies, yaitu jika satu atau beberapa spesies memiliki jumlah individu maksimum, maka

sistem tersebut memiliki lebih banyak dominasi. Sebaliknya, jika suatu sistem kurang lebih sama di antara spesiesnya, yaitu jumlah individu dari spesies yang berbeda sama atau hampir sama, terdapat lebih banyak keanekaragaman (Thukral dkk., 2019). Indeks keanekaragaman (H') Shannon-Wiener memiliki kisaran nilai tertentu, yaitu $H' < 1$ (keanekaragaman rendah), $1 < H' < 3$ (keanekaragaman sedang), dan $H' > 3$ (keanekaragaman tinggi) (Sulaeman dkk., 2020). Indeks dominasi Simpson memberikan bobot yang relatif kecil pada taksa yang jarang ditemui dan bobot lebih pada taksa yang melimpah. Nilainya berkisar dari 0 (keanekaragaman rendah) hingga maksimum $1 - 1/s$, di mana s adalah jumlah takson (Ghosh & Bishwash, 2015). Indeks dominansi dengan kisaran 0-0,5 menandakan tidak ada jenis yang mendominasi, sedangkan kisaran 0,5-1 mengindikasikan adanya jenis tertentu yang mendominasi (Desinawati dkk., 2018).

2. 3 Makrozoobentos

2. 3. 1 Klasifikasi Makrozoobentos

Bentos adalah makhluk yang tipe hidupnya sesil, merayap, maupun menggali lubang di substrat dasar perairan. Tempat hidup bentos meliputi lumpur, pasir, batuan, pecahan karang, hingga karang mati. Berdasarkan tempat hidupnya, bentos dapat digolongkan menjadi infauna dan epifauna (Fachrul, 2007):

- a. Infauna (hidup dalam substrat). Kelompok ini melimpah di zona subtidal dan biasanya dominan dalam komunitas substrat lunak.
- b. Epifauna (hidup pada permukaan substrat). Kelompok ini melimpah di zona intertidal dan bisa dijumpai di berbagai jenis substrat. Pergerakannya lebih

lambat di permukaan sedimen lunak, namun mampu melekat dan perkembangannya lebih baik di substrat keras.

Benthos dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis, yakni Zoobenthos termasuk hewan dan Phytobenthos yang terdiri dari tumbuhan (Fatima dkk., 2017). Sedangkan bentos berdasarkan ukurannya diklasifikasikan ke dalam tiga kategori yakni makrozoobentos, mesobentos, serta mikrozoobentos (Fachrul, 2007):

- a. Makrozoobentos, berupa bentos berukuran lebih besar dari 1,0 mm, misalnya moluska.
- b. Mesobentos, berupa bentos berukuran dengan kisaran 0,1-1,0 mm, misalnya cnidaria
- c. Mikrobentos, berupa bentos berukuran lebih kecil dari 0,1 mm.

Makrozoobentos adalah golongan hewan bentos makroskopis yang berperan penting sebagai organisme kunci dalam jaring-jaring makanan, serta pendegradasi bahan organik ekosistem akuatik (Arfiati dkk., 2019). Makrozoobentos sering digolongkan dalam makroinvertebrata. Sebagian besar spesies ini berkaitan dengan permukaan dasar sungai atau permukaan lainnya yang stabil, bukan spesies yang sebagian besar waktunya berenang bebas. Karena kecenderungan untuk menghuni bagian dasar, umumnya disebut sebagai makroinvertebrata benthik. Makroinvertebrata dalam arti luas adalah invertebrata berukuran cukup besar, bisa menjadi diamati tanpa lensa pembesar. Kelompok ini mencakup banyak spesies dari filum yang berbeda, seperti seperti annelida, moluska, plathelminthes, nematoda. dan arthropoda (terutama serangga) (Oscoz dkk., 2011).

Adapun makrozoobentos berdasarkan cara makan dikategorikan menjadi lima kelompok makanan fungsional dalam tabel 2.2 (Kumar & Vyas, 2014). Klasifikasi makrozoobentos berdasarkan taksonominya dapat dibagi menjadi beberapa kelompok utama seperti pada gambar 2.1.

Tabel 2.2. Kelompok makan fungsional makrozoobentos

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



Gambar 2.1. Kelompok utama makrozoobentos (Oscoz dkk., 2011). (a) dan (b) Oligochaeta, (c) Hirudinea, (d) Insekta, (e) Hydracarina, (f) Crustacea, (g) Gastropoda, dan (h) Nematoda.

2. 3. 1. 1 Oligochaeta

Oligochaeta adalah subkelas dari filum annelida. Oligochaeta perairan memiliki ukuran bervariasi (1-150 mm) dan memiliki bentuk tubuh memanjang simetris bilateral yang terbagi menjadi banyak segmen, seperti gambar 2.1 (a) dan (b). Tiap segmen memiliki empat bundel rambut (*chaetae*) selain segmen pertama. Oligochaeta dewasa memiliki satu lapis penebalan kelenjar (*klitellum*) di daerah genital. Famili yang paling dikenal adalah Naididae, Enchytraeidae, Haplotaxidae, Lumbriculidae, dan Lumbricidae. Beberapa spesies bisa bertahan di lingkungan rendah konsentrasi oksigen dan tercemar berat secara organik (Rufusova dkk., 2017). Oligochaeta air tawar berperan dalam bioturbasi sedimen yang terakumulasi di danau dan sungai. Melalui aktivitas menggali, makan, pergerakan, pernapasan, dan ekskresinya, cacing ini memediasi proses fisik dan kimia antara sedimen dengan air (Oscoz dkk., 2011).

2. 3. 1. 2 Hirudinea

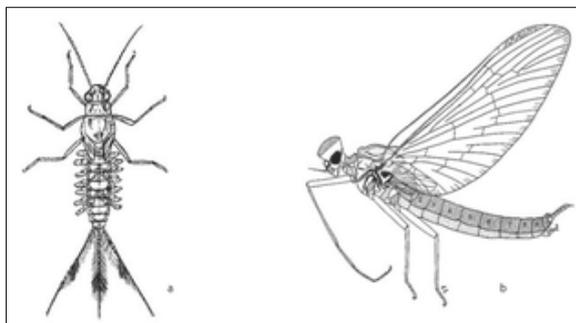
Kelas Hirudinea umumnya digolongkan dalam filum Annelida, atau sebagai subkelas dari kelas Clitellata, dengan Oligochaeta menjadi subclass lainnya. Tubuhnya tersegmentasi berotot dan kontraktil, serta memiliki pengisap di kedua ujungnya seperti gambar 2.1 (c) (Oscoz dkk., 2011). 5 famili lintah yang diidentifikasi yakni Glossiphoniidae, Erpobdellidae, Piscicolidae, Haemopidae, dan Hirudinidae. Lintah tidak memiliki seta dan segmentasi eksternal tubuhnya tidak sesuai dengan segmentasi organ internalnya. Lintah dapat berupa predator atau parasit. Sebagian besar anggotanya hidup di air tawar, sementara beberapa dapat ditemukan di lingkungan terestrial dan lautan. Habitat yang sesuai adalah

kolam air tawar berlumpur dan aliran dengan vegetasi air yang tumbuh subur (Rufusova dkk., 2017).

2. 3. 1. 3 Insecta

a. Ephemeroptera

Ordo Ephemeroptera (lalat capung) adalah salah satu serangga tertua, terdiri dari sekitar 3.200 jenis. Nimfanya menghuni perairan mengalir; namun beberapa taksa lebih menyukai perairan tergenang. Fase dewasa hidup dalam waktu yang singkat (beberapa jam atau hari) hanya untuk bereproduksi. Fase dewasa ini berkerumun di atas air. Nimfa lalat capung adalah bioindikator yang sangat berguna untuk pemantauan air tawar. Nimfanya memiliki bentuk yang berbeda menurut adaptasi lingkungannya, seperti gambar 2.2 (Rufusova dkk., 2017).

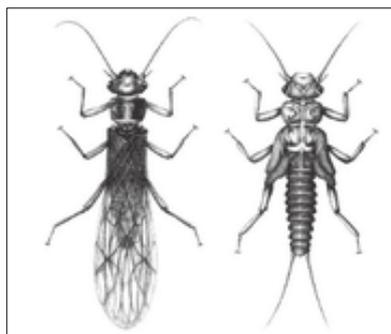


Gambar 2.2. Morfologi Ephemeroptera (Rufusova dkk., 2017). (a) nimfa dan (b) dewasa.

b. Plecoptera

Ordo plecopetera (lalat batu) adalah ordo kecil serangga hemimetabola dengan jumlah kira-kira 3.500 spesies. Ordo ini tidak ditemukan di perairan tergenang. Lalat batu umumnya bukan penerbang yang kuat dan beberapa tanpa

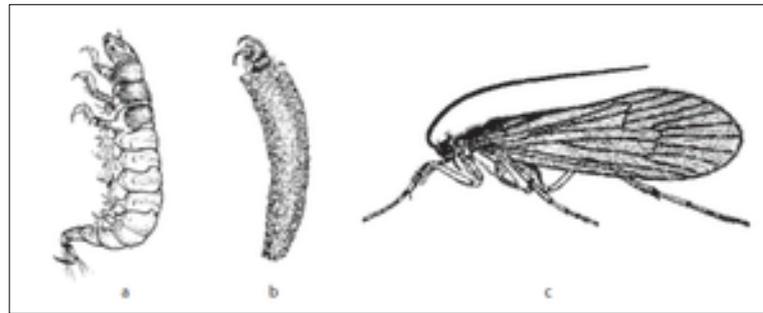
sayap. Larva dan dewasa memiliki pasangan cerci menonjol dari ujung perut seperti gambar 2.3. Larvanya memakan makanan bahan organik dan beberapa predator (Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae). Perkembangan larvanya mencapai 14 tahun, sehingga sesuai untuk indikator perairan mengalir (Rufusova dkk., 2017).



Gambar 2.3. Morfologi Plecoptera (Rufusova dkk., 2017). (a) nimfa dan (b) dewasa.

c. Tricoptera

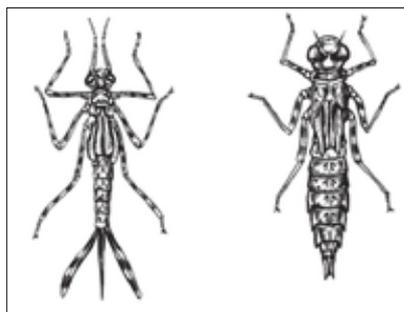
Ordo Tricoptera atau lalat kadis ini mencakup lebih dari 15.000 spesies, terbagi menjadi 18 famili. Taksa yang paling umum ditemukan di perairan yang mengalir. Ordo ini termasuk serangga yang bermetamorfosis sempurna, yakni memiliki fase kepompong dalam perkembangannya. Fase dewasa mirip kupu-kupu, namun sayapnya tertutupi rambut, seperti pada gambar 2.4. Ujung tubuh larva memiliki proleg perut dengan cakar anal, sebagai adaptasi terhadap arus air yang kuat. Terdapat 5-7 tahap perkembangan (instar) dalam siklus hidup satu tahun. Ujung labium larva memiliki kelenjar sutra untuk menghasilkan jaring atau sebagai lem untuk konstruksi selubung (Rufusova dkk., 2017).



Gambar 2.4. Morfologi Tricoptera (Rufusova dkk., 2017). (a) larva tanpa selubung, (b) larva berselubung, dan (c) dewasa.

d. Odonata

Ordo Odonata terdiri dari tiga subordo yakni: Anisoptera, Zygoptera, dan Anisozygoptera. Odonata adalah ordo serangga tua yang mengalami hemimetabola. Semua larva memiliki ciri modifikasi labium seperti topeng atau masker. Larvanya menangkap mangsa dengan topeng yang dapat diperpanjang, yang terlipat di bawah kepala dan dada (Rufusova dkk., 2017).

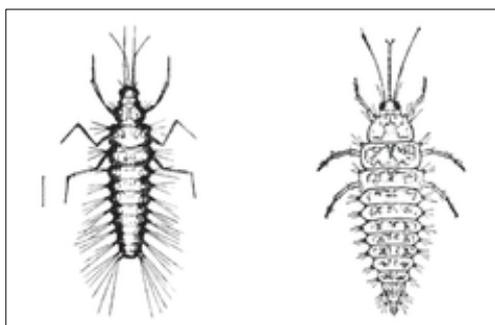


Gambar 2.5. Morfologi Larva Odonata (Rufusova dkk., 2017). .

e. Coleoptera

Coleoptera adalah ordo besar serangga, sebagian anggotanya terestrial. Namun sekitar 12.500 anggotanya di seluruh dunia masih tergolong spesies

akuatik. Mulut larva digunakan untuk menggigit, dengan mandibula dan maksila digunakan untuk menahan dan mengunyah. Ada yang tidak berkaki dan ada yang memiliki 3 pasang kaki bersendi pada dada. Kumbang air bernafas dengan berbagai cara: menggunakan spirakel atau insang (Gyrinidae), melubangi tanaman terendam yang batangnya berongga (Chrysomelidae), menggunakan siphon yang terletak di ujung perut untuk menarik udara permukaan (Dytiscidae), hingga menyimpan udara serta sebagai plastron (lapisan tipis oksigen di sekitar perut (Dryopidae, Elmidae). (Rufusova dkk., 2017).



Gambar 2.6. Morfologi Larva Coleoptera (Rufusova dkk., 2017). .

2. 3. 1. 4 Crustacea

Crustacea adalah kelompok invertebrata yang terdiri dari sekitar 67.000 spesies di seluruh dunia. Kebanyakan crustasea adalah hewan akuatik laut, namun sedikit kelompok di habitat air tawar. Cirinya yang dapat dibedakan dari kelompok arthropoda yang lain yakni memiliki dua pasang antena dan lebih dari empat pasang anggota badan *biramous*, seperti pada gambar 2.1 (f). Crustacea memiliki eksoskeleton yang akan berganti ketika tumbuh (Rufusova dkk., 2017). Crustasea dekapoda hidup dengan menggali lubang dengan beberapa tujuan

tertentu, seperti persembunyian dari predator, perlindungan dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan terkait stabilitas lingkungan mikro, pergantian kulit, perkawinan, inkubasi telur atau juvenil, penyediaan makanan. Menggali lubang juga menjadi akses crustasea menuju genangan air atau kondisi lembap bagi spesies semi-terrestrial (Pratiwi, 2001).

2. 3. 1. 5 Gastropoda

Moluska yang sering ditemukan di perairan sungai adalah gastropoda. Gastropoda merupakan kelas yang memiliki jumlah anggota tertinggi dan paling sesuai dengan berbagai habitat. Umumnya gastropoda air tawar adalah herbivora, sebagian besar pemakan umut dan alga, tetapi ada juga yang karnivora. Gastropoda memiliki kemampuan untuk menempel di bawah atau di balik batu, juga hidup di sungai dengan cara mengubur di substrat dan dasar perairan yang memiliki sifat menetap (Hecca dkk., 2017). Kelas gastropoda biasanya dijumpai pada substrat yang beragam baik substrat keras maupun berpasir karena lebih mudah beradaptasi daripada kelas yang lain (Arfiati dkk., 2019). Gastropoda mempunyai daya tahan tubuh serta penyesuaian cangkang yang keras seperti pada gambar 2.1 (g), membuatnya lebih mampu beradaptasi sehingga kelimpahannya juga relatif tinggi pada substrat batuan. Karena spesiesnya yang lebih banyak serta sebagian besar merupakan epifauna yang bergerak lambat, gastropoda tidak sukar dijumpai sehingga menyebabkan persentase Gastropoda cukup tinggi. Celah cangkang Gastropoda tertutup rapat oleh operkulumnya. Untuk menyiasati kehilangan air, kelompok ini dapat memasuki cangkang kemudian menutup operkulumnya (Fajri, 2013).

2. 3. 2 Habitat makrozoobentos

Kerapatan dan keragaman makroinvertebrata memiliki hubungan secara langsung dengan keragaman substrat. Adanya endapan sedimen akan mengisi ruang pori di antara partikel kasar pada substrat, sehingga mengurangi ketersediaan habitat tempat hidup makroinvertebrata. Sedimen yang mengisi ruang pori-pori akan menimbulkan barrier sedimen yang bersifat impermeable terhadap kandungan oksigen *hyporheic*, disebabkan penghambatan sirkulasi air di antara pori-pori partikel. Peningkatan kandungan sedimen berukuran halus sejumlah 12-17 % dapat diasosiasikan dengan pengurangan total kelimpahan invertebrata sejumlah 16-40 %. Struktur komunitas insekta dapat berubah dengan adanya sedimentasi pada dasar substrat. Insekta yang memungkinkan untuk membuat habitat lubang merupakan organisme yang toleran dengan rendahnya tingkat kandungan oksigen. Adanya pergeseran dalam komunitas makroinvertebrata benthik ditandai oleh peningkatan komposisi genera toleran debu (*silt*) seperti mayflies dari jenis *Tricorythodes*. Pergeseran ini teramati pada konsentrasi sedimen tersuspensi kira-kira 53 mg/L (Tjokrokusumo, 2008).

Habitat yang berarus deras dan berbatu memiliki vegetasi tepi sungai serta nutrien atau masukan partikel organik seperti sobekan daun serta materi terlarut lainnya. Keadaan ini menimbulkan jenis makrozoobentos ditemukan dalam jumlah tinggi. Komunitas makrozoobentos diprediksikan tidak terlalu menyukai kondisi habitat dengan substrat dasar berpasir lembut dan cukup berlumpur. Partikel tersuspensi berupa *fine particulate organic matters* (FPOM) dapat diubah menjadi bahan terlarut/*dissolved organic matters* (DOM) oleh mikroba akuatik (misalnya fungi dan bakteri). Selanjutnya DOM digunakan organisme autotrof

(misalnya makrofit dan ganggang) yang melekat pada substrat dasar. Adapun organisme autotrof tersebut berperan sebagai sumber nutrisi untuk kelompok makan bersifat *grazer*, yakni mengikis permukaan substrat dasar. Keberadaan *grazer* sangat penting dalam rantai makanan, karena menunjang makrozoobentos lainnya yang pola mencari makanannya *collector* (pengumpul) (Oktarina & Syamsudin, 2017)

2. 3. 3 Peran makrozoobentos sebagai indikator biologi

Makrozoobentos mempunyai kontribusi yang sangat penting dalam fungsi ekosistem, daur material organik, serta proses mineralisasi pada endapan perairan. Selain itu juga berkontribusi pada perpindahan energi dalam rantai makanan (Sharma dkk., 2013). Organisme ini umumnya dimanfaatkan sebagai bioindikator untuk memantau penurunan mutu perairan, utamanya yang diakibatkan oleh polutan materi organik. Penurunan kualitas ekosistem spasial ataupun temporal mungkin sekali dijelaskan oleh organisme ini (Oktarina & Syamsudin, 2017). Invertebrata benthik seperti nimfa dari stonefly, lalat capung, larva caddisfly, siput, remis, krustasea, belatung rattle-tailed, dll., mengubah dan mengangkut nutrisi dari satu bagian badan air ke badan air lain, serta mempengaruhi siklus nutrisi. Invertebrata ini mencerna bahan organik seperti serasah daun dan detritus, menyajikan sumber makanan untuk organisme akuatik yang lebih tinggi seperti ikan, serta membentuk hubungan dasar antara bahan organik dan hewan air tingkat tinggi dalam jaring makanan (Fatima, et al., 2017).

Peningkatan kekayaan spesies umumnya dikaitkan dengan komunitas benthik perairan mengalir di berbagai wilayah dan, mungkin terkait dengan peningkatan heterogenitas lingkungan, kandungan bahan organik, aliran hidrobion

dari daerah sungai, serta peningkatan kelimpahan makroinvertebrata. Penurunan keanekaragaman hayati mungkin tidak hanya karena peningkatan polusi antropogenik, tetapi juga perubahan biotik alami dan kondisi abiotik. Apabila tidak ditemukan spesies Plecopteran (paling sensitif terhadap polusi) menunjukkan kualitas habitat yang buruk kondisi di perairan. Faktor penting spasial distribusi makrozoobentos adalah jenis sedimen paling bawah, tetapi aspek ini tidak diperhitungkan dalam metode perhitungan dan rekomendasi untuk menggunakan indeks biotik (Yanygina, 2017).

Makhluk hidup atau sekumpulan makhluk hidup yang keberadaannya mampu menjelaskan keadaan suatu lingkungan disebut bioindikator. Makroinvertebrata benthik merupakan golongan organisme yang umum dipakai untuk meninjau kualitas sungai. EPT merupakan singkatan dari ordo *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, dan *Trichoptera* yang dapat dipakai untuk menilai status perairan. Makroinvertebrata EPT sangat peka untuk merespon perubahan keadaan ekosistem sungai. Ordo tersebut bisa bertahan dalam keadaan perairan yang sehat dan bebas cemaran. Pencemaran yang masuk ke perairan, meskipun hanya sedikit, mampu menyebabkan populasi EPT berkurang (Firdhausi dkk., 2019).

Makroinvertebrata adalah salah satu kelompok organisme yang paling banyak digunakan dalam indikator biologis. Organisme ini memiliki keunggulan sebagai bioindikator yang dapat diringkas sebagai berikut: (1) sebagian besar memiliki mobilitas terbatas sehingga mencerminkan karakteristik lokal dari daerah sampel; (2) umumnya memiliki siklus hidup yang cukup panjang dan oleh karena itu karakteristiknya merupakan hasil dari waktu sebelumnya; (3) dapat

ditemukan di sebagian besar habitat perairan, berlimpah dan relatif mudah ditangkap; (4) pengambilan sampel berdampak minimal terhadap biota yang tinggal di sana; (5) taksonominya relatif terdefinisi dengan baik; (6) memiliki kepekaan yang berbeda terhadap polutan yang berbeda, bereaksi cepat dengan tanggapan bertahap; (7) karena adanya perbedaan kelompok hewan dan tingkat trofik, kemungkinan salah satu organisme ini bereaksi dalam menghadapi perubahan lingkungan yang tinggi; dan (8) penentuan taksonomi sampai tingkat famili menjadi indikator kondisi lingkungan yang dapat diandalkan (Oscoz dkk., 2011).

2. 4. Profil Kali Jarak

Desa Jarak adalah satu dari beberapa desa yang masuk dalam wilayah Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang, yang memiliki area seluas 770.727 Ha yang terbagi menjadi 7 dusun. Berdasarkan posisinya geografisnya, Desa Jarak terletak pada lereng Gunung Arjuna, sehingga berhawa sejuk, dalam kisaran temperatur 25-28 °C. Di sebelah timur terdapat perbatasan dengan Kawasan Perhutani dan TAHURA Raden Suryo (Andilas dkk., 2020). Desa lainnya yang juga menjadi salah satu bagian Kecamatan Wonosalam adalah Desa Wonomerto. Luasan area desa ini 449.178 Hektar. Desa Wonomerto secara geografis terletak di ketinggian ±450 m di atas permukaan laut, serta gradien lahan sebesar 25°. Luas area desa ini 90% digunakan untuk aktivitas bidang pertanian dan perkebunan, dan sedang dikembangkan potensinya melalui konsep desa wisata (Wahyuni & Susilowati, 2020).

Kecamatan Wonosalam menjadi salah satu wilayah pemerintahan di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Karena terletak di lereng Gunung Anjasmoro,

sungai di wilayah tersebut merupakan hulu aliran yang mengarah menuju daerah Jombang maupun sekitarnya (Firdhausi dkk., 2019). Kali Jarak merupakan sungai yang melewati memiliki hulu di antara klaster Pegunungan Argowayang, Watu Juadah, dan Gentong Goak, sedangkan hilirnya menyatu dengan Kali Pakel. Sungai ini memiliki panjang total 12,8 KM yang melintasi 4 desa, yaitu Desa Jarak (Kec. Wonosalam), Desa Wonomerto (Kec. Wonosalam), Desa Karang (Kec. Barend), dan Desa Pakel (Kec. Wonosalam). Sungai ini dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk irigasi, perikanan, hingga pariwisata (Dinas PUPR Kab. Jombang, 2021). Kali Jarak memiliki debit air minimum 2,63 m³/detik dan maksimum 37,19 m³/detik (BPS Kab. Jombang, 2019).

2. 5 Integrasi

Ekosistem perairan yang memiliki berbagai macam karakteristik, baik dari faktor biotik maupun abiotik, masing-masing memiliki manfaat yang telah disebutkan menurut Al-Qur'an surah Fatir ayat 12 di bawah ini:

وَمَا يَسْتَوِي الْبَحْرَانِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ سَائِغٌ شَرَابُهُ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَمِن كُلِّ تَأْكُلُونَ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُونَ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ فِيهِ مَوَاحِرَ لِيَتَّبِعُوا مِنْ فَضْلِهِ ۗ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٢﴾

Artinya :

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

Menurut Tafsir Ibnu Katsir dalam Tahdzib wa Tartib, *Dan tidak sama (antara) dua lautan; yang ini tawar, segar, sedap diminum, dan yang lain asin lagi pahit* diartikan Allah Subhanahu Wata'ala telah menciptakan dua jenis perairan. Pertama berair tawar dan segar, seperti air sungai yang mengalir untuk

kebutuhan umat manusia, ada yang berukuran kecil maupun besar, tersebar di berbagai wilayah sesuai dengan keperluan. Terdapat sungai yang mengalir di kota-kota, hutan-hutan, dan padang sahara. Air sungai itu tawar, segar, lagi nikmat untuk diminum. Kedua adalah laut yang berair asin lagi pahit. Laut adalah tempat kapal berlayar untuk keperluan manusia (Al-Khalidi, 2017).

Selain bermanfaat untuk pengairan tanaman, sungai juga dapat dimanfaatkan manusia untuk transportasi, pariwisata, budidaya biota air, pembangkit listrik, hingga penggunaan airnya untuk kebutuhan harian contohnya memasak, mandi, serta mencuci. Salah satu keistimewaan sungai adalah tidak hanya Allah Subhanahu Wata'ala ciptakan di bumi, melainkan juga di surga. Namun tentu sungai yang ada di surga tidaklah seperti sungai yang ada di bumi (Nisa, 2017).

Adapun keanekaragaman hewan, termasuk makrozoobentos yang jenisnya berbagai macam dalam perairan di muka bumi ini, secara tidak langsung dijelaskan dalam Al-Qur'an surat an-Nur ayat 45 berikut :

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِّن مَّاءٍ فَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَى بَطْنِهِ ۗ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ رِجْلَيْنِ ۗ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ



Artinya :

“dan Allah telah menjadikan setiap binatang dari air, maka sebagian darinya yang berjalan di atas perutnya, dan sebagian darinya yang berjalan di atas kedua kaki dan sebagian darinya yang berjalan di atas keempat kaki. Allah telah menjadikan apa yang diinginkan-Nya, Sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas seluruh sesuatu.” (QS: An-Nur [24]: 45)

Menurut Tafsir Ibnu Katsir dalam Tahdzib wa Tartib, *Dan Allah menciptakan semua jenis hewan dari air*, artinya Allah Subhanahu Wata'ala menciptakan segalanya dari satu jenis air, selanjutnya dari air ini dibentuk

bermacam-macam binatang. *Maka sebagian ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki, sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki* menunjukkan sebagian hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya seperti ular dan binatang sejenisnya, dan sebagian berjalan menggunakan dua kaki seperti manusia dan burung. Sedangkan sebagian yang lain, berjalan dengan empat kaki seperti hewan ternak dan binatang lainnya. Allah Subhanahu Wata'ala menciptakan makhluk-Nya sesuai dengan kekuasaan-Nya, apa yang dikehendaki terjadi, dan apa yang tidak dikehendaki tidak akan terjadi. Kekuasaan-Nya yang sempurna, wewenang-Nya yang besar pada ciptaan-Nya terhadap semua jenis makhluk yang diciptakan, sekalipun bentuk, warna, gerak, dan diamnya berbeda (Al-Khalidi, 2017).

Dalil Al-Qur'an surat an-Nur ayat 45 di atas juga dapat mengingatkan bahwa sebagian besar tubuh organisme hidup tersusun atas air. Tanpa air sebagai sumber penghidupan, akan tiada organisme. Jika dijelaskan dari sudut pandang ilmuwan, organisme yang berasal dari air adalah mikroorganisme. Lain halnya para mufasir beranggapan bahwa makna air pada dalil di atas merupakan air mani, sebagaimana manusia serta hewan juga berasal dari cairan sperma (Yunanda, 2018).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kuantitatif melalui metode eksplorasi. Jenis deskriptif kuantitatif digunakan karena data yang disajikan meliputi jumlah spesimen, karakteristik morfologi spesimen, identifikasi genus makrozoobentos, dan parameter fisika-kimia air. Metode eksplorasi digunakan untuk mengamati secara langsung keanekaragaman makrozoobentos di perairan Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.

3.2 Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Juni 2021. Sampel diambil dari 3 stasiun dengan kondisi beragam di Kali Jarak, Desa Jarak dan Wonomerto, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Makrozoobentos diidentifikasi di Laboratorium Optik, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Sampel air diambil pada pagi hari mengacu pada Asmawati dkk. (2020). Sebagian parameter fisika-kimia air diuji secara langsung di stasiun pengambilan sampel, sedangkan parameter lainnya diuji di PT Perum Jasa Tirta 1, Kota Malang.

3.3 Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain ayakan dengan ukuran mata jaring 0,5x0,5 mm, jaring dengan ukuran mata jaring 1x1 mm, pH meter, termometer, TDS meter, botol flakon, botol gelap, sikat, pinset, sekop, kertas label, nampan, penggaris, meteran, tali, gabus pelampung, kotak styrofoam, *icepack*, *stopwatch*, kamera, GPS, mikroskop, buku identifikasi sampel, serta alat

tulis. Bahan-bahan yang dibutuhkan antara lain alkohol 70% serta sampel identifikasi berupa spesimen makrozoobentos dan sampel air sungai tiap stasiun.

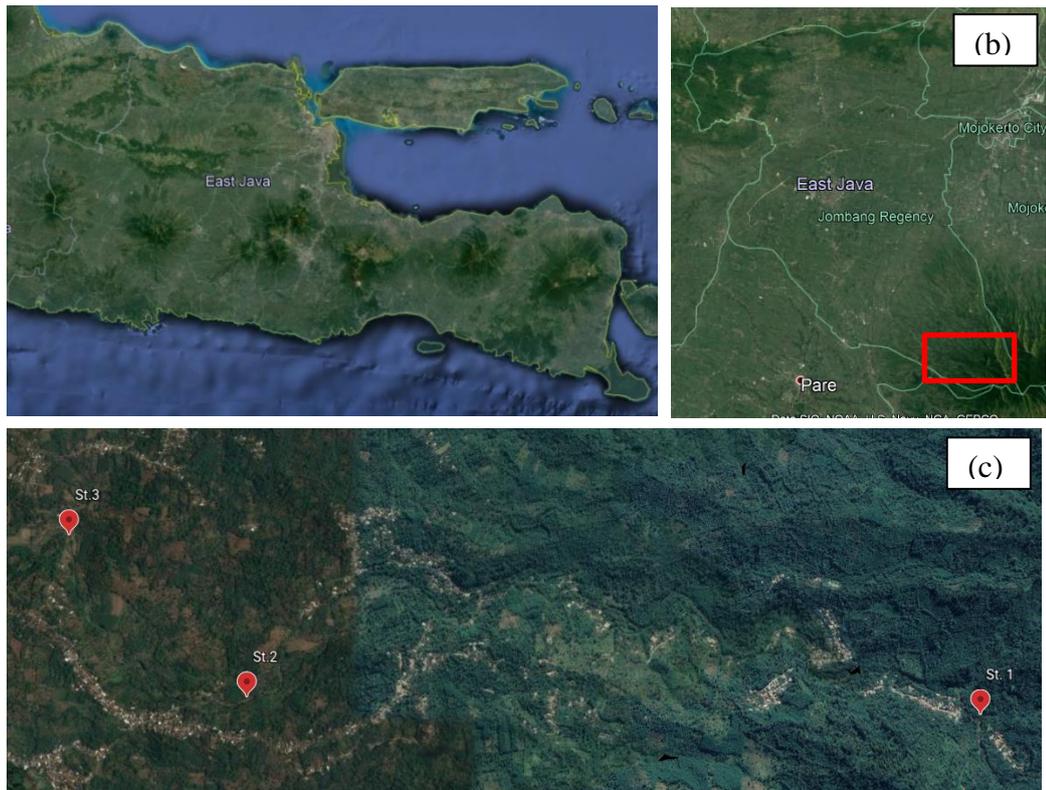
3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Studi Pendahuluan

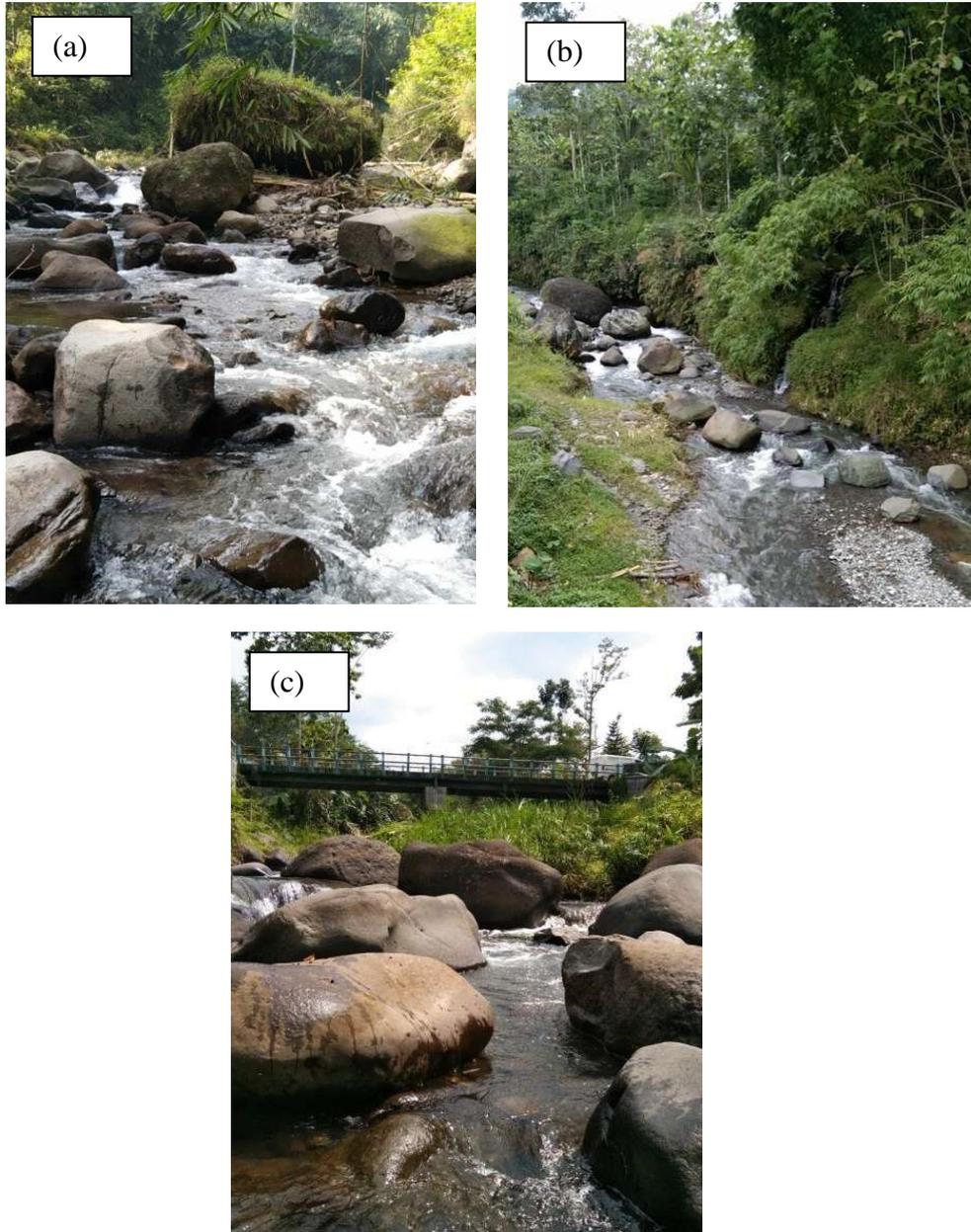
Titik stasiun ditentukan dengan metode *purpose sampling* berdasarkan kondisi lingkungan, lokasi perairan, substrat dasar perairan, dan kegiatan masyarakat sekitar lokasi. Deskripsi 3 stasiun yang terpilih beserta titik koordinatnya ditampilkan dalam tabel 3.1. Adapun peta lokasi penelitian ditampilkan dalam gambar 3.1 dan foto lokasi penelitian dalam gambar 3.2.

Tabel 3.1. Deskripsi stasiun pengamatan

| Stasiun | Deskripsi | Titik Koordinat |
|---------|---|-------------------------------------|
| I | Dasar berbatu, batuan ukuran besar-sedang, terdapat tutupan pohon di dua sisi, mendekati sumber mata air. | 07°44'45.64" LS 112°23'25.18" BT |
| II | Dasar berkerikil, batuan ukuran besar-kecil, tutupan pohon di salah satu sisi, dekat perkebunan, letak setelah peternakan dan pemukiman | 07°44'43.41" LS 112°21'35.04" BT |
| III | Dasar berpasir, batuan ukuran besar-sedang, tidak tertutup pohon, dekat dengan jembatan, letak setelah ekowisata, pertambangan pasir, dan permukiman. | 07°44'17.27" LS 112°21'05.65" BT |



Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian (Google Earth, 2021). (a) Jawa Timur, (b) Kabupaten Jombang, (c) Stasiun pengamatan.



Gambar 3.2. Foto lokasi penelitian (Dokumen pribadi, 2021). (a) Stasiun 1, (b) Stasiun 2, dan (c) Stasiun 3.

3.4.2 Pengambilan spesimen makrozoobentos dan sampel air

Pengambilan spesimen dilakukan sebanyak 3 kali ulangan di tiap stasiun. Plot yang digunakan berukuran 1x1 meter. Jaring diletakkan berlawanan dengan

arah arus, lalu substrat di plot jaring digosok agar spesimen mengarah ke dalam jaring. Apabila substrat dasar berpasir dan berkerikil, digunakan sekop lalu diayak menggunakan ayakan. Batuan yang terdapat di plot jaring diambil secara manual dan diletakkan ke nampan. Spesimen yang terperangkap dalam jaring dan ayakan juga disortir di nampan sesuai metode Ubaid (2019). Selanjutnya spesimen makrozoobentos dipindahkan ke botol flakon berisi alkohol 70% untuk pengawetan sesuai Ibrahim dkk. (2020). Setiap botol flakon diberi label berbeda untuk tiap ulangan dan stasiun. Sampel air diambil di 3 stasiun yang sama dengan spesimen makrozoobentos. Sampel air diletakkan pada botol gelap yang telah diberi label berbeda tiap stasiun. Seluruh botol sampel air diletakkan dalam kotak styrofoam dengan *icepack* untuk pengawetan dalam suhu dingin.

3.4.3 Identifikasi spesimen makrozoobentos

Spesimen makrozoobentos diamati morfologinya dan didokumentasikan. Untuk spesimen yang berukuran kurang dari 1 cm diamati menggunakan mikroskop. Identifikasi spesimen dilakukan hingga tingkat genus menggunakan buku acuan : Rufusova (2017), Oscoz (2011), Gerber (2002), Suhling (2007); serta jurnal Dobson (2003), Waringer (2013), Dwiyanto (2018), Malzacher (2018), Sundermann (2007), Ngiam (2010), Daniels (2009), dan Vallenduuk (2004). Jumlah spesimen yang ditemukan disajikan pada tabel 3.2. di bawah ini.

Tabel 3.2. Perekam data

| No. | Genus | Stasiun I | | | Stasiun II | | | Stasiun III | | |
|------|-------|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|
| | | U1 | U2 | U3 | U1 | U2 | U3 | U1 | U2 | U3 |
| 1. | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | |
| dst. | | | | | | | | | | |

3.4.4 Pengukuran parameter fisika-kimia air

Pengukuran parameter fisika seperti suhu, pH, kecepatan arus, dan TDS dilakukan langsung di tempat. Suhu air diukur menggunakan termometer, pH dengan pH meter, dan TDS dengan TDS meter. Kecepatan arus diukur berdasarkan metode Desinawati dkk. (2018) dengan menghanyutkan benda (sterofoam) yang telah diikat menggunakan tali dengan panjang tertentu. Waktu benda dilepaskan hingga benda berhenti dihitung menggunakan stopwatch. Untuk menentukan kecepatan arus, panjang tali dibagi dengan waktu yang ditunjukkan stopwatch. Penyimpanan sampel air hingga pengiriman ke laboratorium mengacu pada metode Musselman (2012). Sampel disimpan dengan suhu dingin 39-40 °F (4 °C) tetapi tidak membeku, dalam kotak pendingin berisi *icepack*. DO dianalisa dengan metode APHA 4500-O-G-2017, dan COD dengan metode SNI 6989.2.2009.

3.5 Analisis data

3.5.1 Indeks keanekaragaman

Penghitungan tingkat keanekaragaman berdasarkan rumus Indeks Shannon-Wiener dalam Krebs (1985) di bawah ini:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Keterangan :

H' : indeks keanekaragaman Shannon – Wiener

Pi : proporsi spesies ke -i

ln : logaritma Nature

pi : Ni / N (perhitungan total individu suatu spesies/ keseluruhan spesies)

3.5.2 Indeks dominansi

Penghitungan tingkat dominansi dilakukan berdasarkan rumus Indeks

Simpson menurut Odum (1993) di bawah ini:

$$D = \sum \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

Keterangan :

D : indeks dominansi suatu jenis

Ni : total individu suatu jenis

N : total individu dari semua jenis

3.5.3 Analisis korelasi

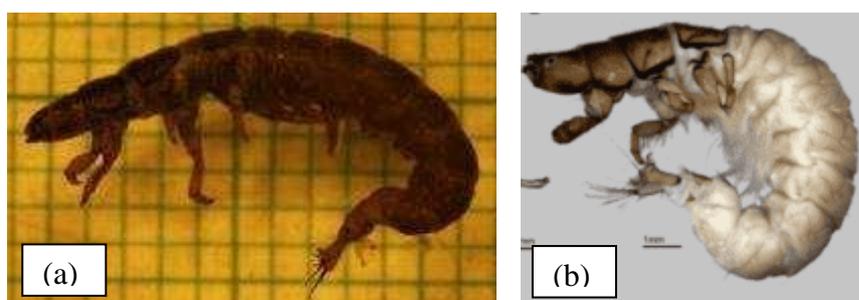
Analisis korelasi keanekaragaman genus makrozoobentos dengan parameter fisika kimia air sungai dilakukan berdasarkan Korelasi Pearson dengan metode komputerisasi aplikasi PAST 4.03.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil identifikasi spesimen makrozoobentos

Spesimen makrozoobentos yang ditemukan di Kali Jarak, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang, diidentifikasi hingga tingkat genus berdasarkan morfologinya. Deskripsi morfologi dan klasifikasi spesimen makrozoobentos dari tiap genus dijelaskan sebagai berikut :

a. Spesimen 1



Gambar 4. 1. Genus *Hydropsyche* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

Spesimen 1 paling banyak ditemukan di setiap stasiun, dengan jumlah tertinggi pada stasiun 3. Spesimen ini memiliki ciri ketiga segmen toraks di bagian punggung tertutupi oleh lempengan tersklerotisasi seperti gambar 4.1. Bagian abdomen silindris dan ramping. Dua segmen toraks terakhir memiliki insang ventral bercabang, dan banyak setae panjang yang kaku di setiap proleg anal. Tubuh ditutupi dengan spikula berwarna gelap. Cakar pada bagian anal berbentuk kait yang kokoh secara apikal, sehingga menurut Rufusova dkk. (2017), digolongkan dalam genus *Hydropsyche*.

Klasifikasi spesimen 1 sebagai berikut (ITIS, 2001):

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

Menurut Rufusova dkk. (2017), genus *Hydropsyche* termasuk dalam kelompok *filter feeder*. Famili Hydropsychidae adalah kelompok *caddisflies* tanpa selubung yang menangkap makanan mereka dalam jaring. Famili ini berada di perairan yang mengalir, yang mungkin tercemar secara organik, memberi mereka makanan dalam jumlah tinggi. Dalam Gerber & Gabriel (2002), Hydropsychidae bergerak merangkak menggunakan kaki dan cakar di segmen terakhir, juga mampu mengambang dalam posisi vertikal saat perutnya dijentikkan. Habitatnya di bawah batu, tinggal di tempat perlindungan yang terbuat dari butiran pasir pada sungai yang mengalir deras. Warnanya pucat, hijau, atau coklat.

b. Spesimen 2



Gambar 4. 2. Genus *Atherix* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

Spesimen 2 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri bentuk tubuh memanjang silindris berwarna coklat seperti gambar 4.2. Bagian kepalanya dapat ditarik dan diregangkan. Ujung abdomen bercabang menjadi dua rumbai yang berlekatan. Tiap segmen abdomen memiliki kaki berpasangan, sehingga menurut Dobson (2013) digolongkan dalam genus *Atherix*.

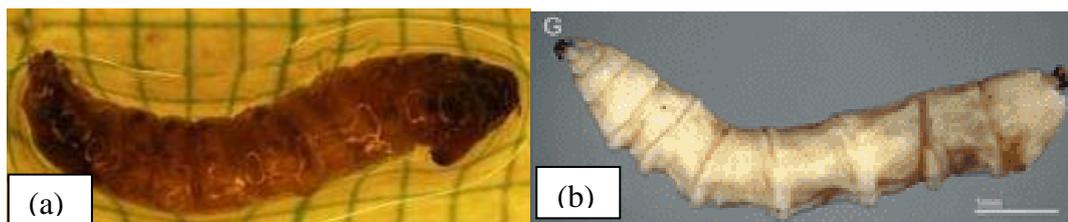
Klasifikasi spesimen 2 sebagai berikut (ITIS, 2021):

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

Menurut Oscoz dkk. (2011), larva Athericidae memiliki tubuh dorsoventral agak memipih. Kapsul *cephalic* dapat ditarik sepenuhnya ke dalam toraks. Antena kecil dan bercabang tiga di bagian apikal, memiliki kanal untuk menyuntikkan racun untuk melumpuhkan mangsanya dalam beberapa detik. Segmen toraks hingga perut memiliki sepasang setae yang dapat bercabang. Athericidae dapat ditemukan di hampir semua lingkungan perairan. *Atrichops crassipes* hidup di antara lumpur perairan terbungung (*backwater*). Posisi larva spesies ini berada pada substrat dengan proyeksi trakea belakang lebih menonjol ke permukaan substrat. Karena perilaku hidupnya yang khas, famili ini adalah indikator yang baik dari stabilitas substrat dan biasanya tidak muncul di sungai dengan kemiringan lebih dari 30%. Dalam Rufusova dkk. (2017), Athericidae memiliki larva predator yang kuat dengan robust kapsul kepala tidak lengkap,

kaki berpasangan ada di segmen perut, dan tuberkel lateral-dorsolateral pada segmen perut. Larva instar terakhir meninggalkan air untuk menjadi kepompong. Oleh karena itu, famili ini menjadi indikator yang baik dari debit permanen.

c. Spesimen 3



Gambar 4. 3. Genus *Limnophora* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscosz dkk., 2011).

Spesimen 3 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri bentuk tubuh memanjang dan subsilindris dengan anterior meruncing dan ujung posterior tumpul seperti gambar 4.3. Warnanya keputihan atau kekuningan. Kepalanya dapat berkurang dan ditarik ke dalam toraks. Terdapat delapan segmen abdomen yang berkembang menjadi proleg berpasangan sehingga menurut Dobson (2013) digolongkan dalam genus *Limnophora*.

Klasifikasi spesimen 3 sebagai berikut (ITIS, 2021):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Diptera
 Famili : Muscidae
 Genus : *Limnophora*

Menurut Gerber & Gabriel (2002), larva Mucscidae bertubuh lunak, meruncing, kepala dapat ditarik, kait mulut hitam, dengan pupa yang ditempatkan dalam kapsul tertutup mengapung di permukaan. Tingkah laku merayap sambil memeriksa dengan kepala. Habitatnya pada lumut atau massa alga di perairan dangkal dan air tenang. Larva berwarna putih, sedangkan pupanya coklat. Dalam Oscoz dkk. (2011), famili ini dapat ditemukan di perairan sungai, kolam, air terjun, buangan danau, dan rawa-rawa; sering dijumpai pada bahan organik yang membusuk dan lumut atau alga tempat mereka memangsa dipteran lain. Sebagian besar larva adalah predator obligat pada tahap instar akhir. Banyak anggota Muscidae menjadi gangguan untuk hewan dan manusia dan sering menjadi vektor penyakit. Beberapa spesies diketahui menyebabkan myiasis.

d. Spesimen 4



Gambar 4. 4. Genus *Ecnomus* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

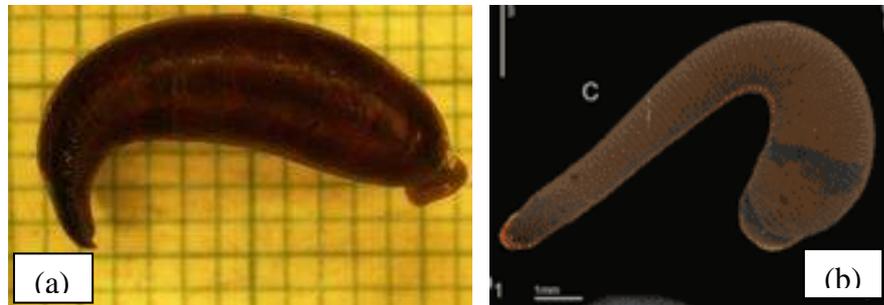
Spesimen 4 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh lunak dan halus tanpa insang di sisi samping. Terdapat segmen khas di belakang kepala. Warnanya abu-abu dengan kebiruan atau hijau seperti gambar 4.4 sehingga menurut Waringer & Wolfram (2013) digolongkan dalam genus *Ecnomus*. Tingkah lakunya merayap dan mengapung di permukaan saat merasa terganggu. Habitatnya pada terowongan sutra di bawah batu dan hulu sungai.

Klasifikasi spesimen 4 sebagai berikut (ITIS, 2001):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Trichoptera
Famili : Ecnomidae
Genus : *Ecnomus*

Menurut Oscoz dkk. (2011), ketiga segmen toraks bagian punggung pada Ecnomidae ditutupi oleh pelat sclerotized. Trochantin prothorax panjang dan runcing. Semua kaki memiliki ukuran yang sama. Tidak memiliki insang, tetapi memiliki pinggiran lateral setae yang tebal. Larva Ecnomidae membuat tabung sutra dan butiran pasir halus terbuka di kedua ujungnya, yang melekat pada batu, kayu, atau vegetasi terendam. Ecnomidae adalah *trichopterans-stenotermus* hangat pada dataran rendah dan danau. Namun beberapa juga ditemukan pada mata air yang lebih tinggi. Famili ini juga lebih menyukai habitat lentik dengan substrat bervariasi, mulai dari batu hingga sedimen halus atau sedimen yang berasosiasi dengan bahan organik (algae, makrofit, atau kayu).

e. Spesimen 5



Gambar 4. 5. Genus *Hirudo* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscosz-dkk., 2011).

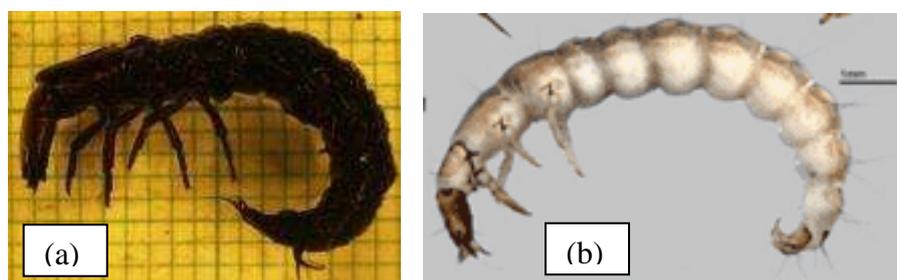
Spesimen 5 ditemukan pada stasiun 1 dan 2. Spesimen ini memiliki ciri tubuh agak pipih sejajar dengan panjang 10 mm atau lebih, dan lebar hingga 1 mm seperti gambar 4.5. Terdapat dua pengisap di setiap ujungnya. Terdapat juga pola merah dan hijau yang di punggungnya (permukaan atas), garis medial kuning atau oranye terang yang lateral, dan permukaan ventral cokelat. Spesimen ini tidak memiliki rambut-rambut, sehingga menurut Oscosz dkk. (2011), digolongkan sebagai genus *Hirudo*.

Klasifikasi spesimen 5 sebagai berikut (ITIS, 1999):

Kingdom : Animalia
 Filum : Annelida
 Kelas : Clitellata
 Ordo : Hirudinida
 Famili : Hirudinidae
 Genus : *Hirudo*

Menurut Rufusova dkk. (2017), segmentasi eksternal tubuh Hirudinidae tidak sesuai dengan segmentasi internal organnya. Tubuh jauh lebih padat, karena rongga tubuh sekunder (*coelom*) padat dengan jaringan ikat. Lintah dapat berupa predator atau parasit. Dalam Oscoz dkk. (2011), biasanya Hirudinidae memiliki busur parabola 10 mata kepala yang diatur dalam lima pasang untuk dapat mendeteksi gerakan dua dimensi. Mulutnya menempati seluruh pusat cekung dari penghisap dan memiliki sebuah faring pendek berotot yang dilengkapi dengan tiga rahang. Setiap rahang memiliki satu baris gigi halus yang tajam. *Hirudo medicineis* hidup secara alami di danau air tawar, kolam, sungai, dan rawa-rawa daerah subtropis. Distribusinya sangat tidak teratur dan tidak merata.

f. Spesimen 6



Gambar 4. 6. Genus *Rhyacophila* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

Spesimen 6 ditemukan pada semua stasiun, namun paling banyak pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh memipih secara dorsoventral dengan penyempitan yang nyata antara segmen abdomen seperti gambar 4.6. Hanya bagian pronotumnya yang mengalami sklerotisasi. Insang bisa ada atau tidak ada. Kesembilan segmen perut memiliki sklerit dorsal. Bagian anal dilengkapi dengan cakar. Sklerit lateral memiliki pemanjangan *ensiform* (menyerupai pedang) pada

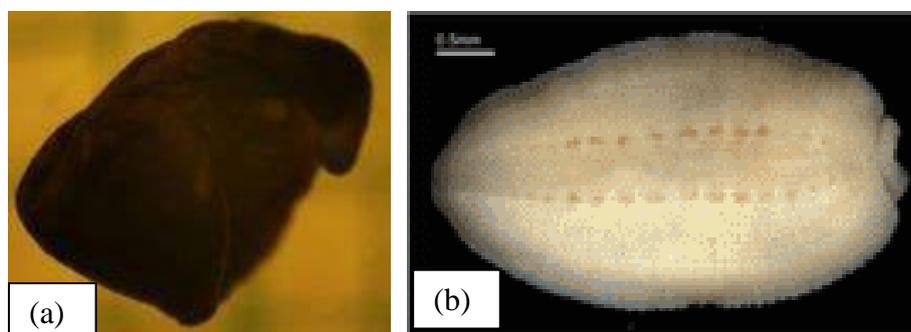
area posterodorsal eksternal, sehingga menurut Rufusova dkk. (2011), digolongkan dalam genus *Rhyacophila*.

Klasifikasi spesimen 6 sebagai berikut (ITIS, 2001):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Trichoptera
Famili : Rhyacophilidae
Genus : *Rhyacophila*

Menurut Rufusova dkk. (2017), keluarga Rhyacophilidae di Slovakia mencakup 14 spesies dari genus *Rhyacophila* (*caddisflies* pemangsa tanpa pelindung) hidup di perairan yang mengalir cepat, mentoleransi sedikit polusi organik, dan larva hidup biasanya berwarna hijau. Dalam Oscoz dkk. (2011), famili ini membangun pelindung kepompong hanya ketika larva akan menjadi pupa. Pelindung ini terbuat dari batu yang diikat dengan sutra dan terlihat seperti kubah yang menempel kuat pada substrat. Larva Rhyacophilidae adalah predator serangga, seperti larva *caddisflies*, lalat capung, dan diptera (Chironomidae dan Symulidae), meskipun fitofag ketika muda. Famili ini merupakan serangga rheophilic: tidak mentolerir arus lambat, tampak mati lemas dalam periode singkat. Dalam kondisi ini, dilakukan gerakan perut bergelombang untuk ventilasi. Habitatnya terutama di perairan sungai yang bersih dengan substrat yang stabil, umumnya berbatu. Karena sifat rheophilicnya, sering dijumpai di hulu sungai dan sungai kecil.

g. Spesimen 7



Gambar 4. 7. Genus *Glossiphonia* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk, 2011).

Spesimen 7 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh lebar, pipih dengan bentuk buah pir, garis-garis bersela, dan sebuah penghisap yang kurang jelas seperti gambar 4.7. Annuli sepanjang tubuh, adanya mulut yang membentuk pori-pori di bagian pengisap anterior, sehingga menurut Rufusova dkk. (2017), digolongkan dalam genus *Glossiphonia*.

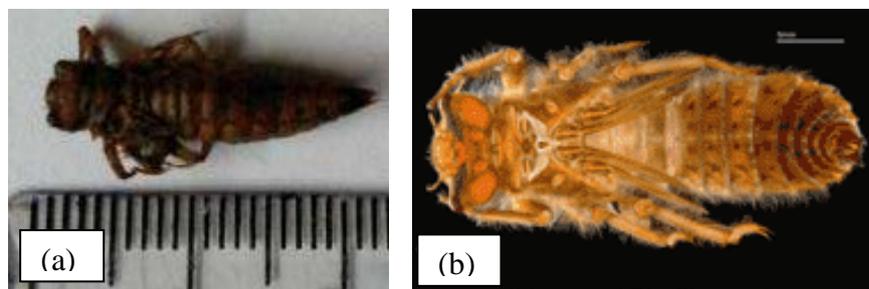
Klasifikasi spesimen 7 sebagai berikut (ITIS, 1999):

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

Menurut Rufusova dkk. (2017), tubuh Glossiphoniidae berbentuk elipsoid, bagian punggung berwarna cerah dengan satu hingga enam garis-garis memanjang atau tanpa pigmentasi; di sisi punggung cerah terdapat papilla atau bintik-bintik

juga dimiliki parasit moluska dan oligochaete. Spesies *Glossiphonia heteroclitta* transparan, ektoparasit moluska berwarna cerah. Dalam Oscoz dkk. (2011), sebagian besar spesies dapat ditemukan di hampir semua badan air dan dapat mentolerir berbagai macam fisik dan kondisi kimia. Ketersediaan dan kelimpahan makanan merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi distribusi dan kelimpahannya. Famili ini menyusukkan penghisap berbelalai kepada mangsanya.

h. Spesimen 8



Gambar 4. 8. Genus *Cordulegaster* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

Spesimen 8 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh mata kecil, sedikit menonjol, dan banyak rambut kaku yang memberikan penampilan yang khas seperti gambar 4.8. Spesimen ini memiliki moncong menyerupai masker yang tidak rata. Cirinya yang khas, berukuran besar, dan menyerupai Spiketails (capung hitam bergaris kuning), sehingga menurut Rufusova dkk. (2017), digolongkan dalam genus *Cordulegaster*.

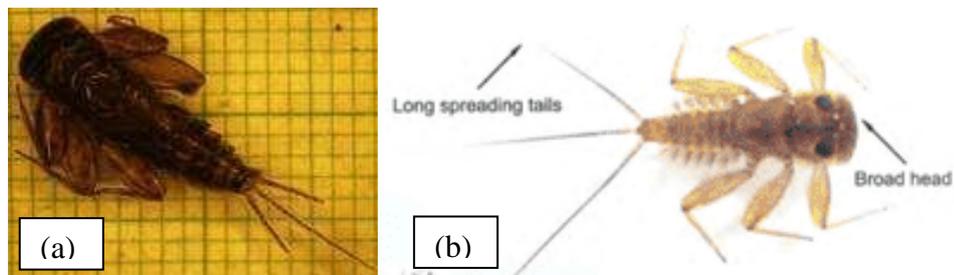
Klasifikasi spesimen 8 sebagai berikut (ITIS, 2006):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta

Ordo : Odonata
 Famili : Cordulegastridae
 Genus : *Cordulegaster*

Menurut Rufusova dkk. (2017), spesies dari famili Cordulegastridae ditemukan di mata air dan dan sungai kecil pegunungan. Spesies terbesar di Eropa adalah *Cordulegaster heros*, di mana panjang betinanya hingga 97 mm. Famili ini mengembangkan larvanya mulai dari 4 hingga 5 tahun. Dalam Oscoz dkk. (2011), Cordulegastridae dapat ditemukan di perairan kecil mengalir dengan dasar yang lembut dari pasir atau lumpur. Larva hidup terkubur dibawahnya dengan memanjangkan tarsi kaki untuk menghilangkan sedimen di bawah tubuhnya. Kemudian, larva berkontraksi dan bergetar hingga berakhir tertutup oleh lumpur atau pasir dan hanya menyisakan ujung perut di luar. *Cordulegaster boltonii* hidup di perairan berkualitas baik, sehingga dapat dianggap sebagai spesies indikator. Cordulegastridae dapat dibedakan keluarga Corduliidae dan Libellulidae karena kedua palpi memiliki gigi yang panjang, tajam dan tidak rata di pinggirannya, sedangkan di Corduliidae dan Libellulidae bentuk masker seperti sendok, giginya lebih kecil dan tumpul.

i. Spesimen 9



Gambar 4. 9. Genus *Heptagenia* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

Spesimen 9 ditemukan pada semua stasiun, namun paling banyak pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri kepala yang lebar, ekor panjang bercabang 3 menyebar, mata hitam besar, serta tubuh pipih seperti gambar 4.9. Spesimen ini memiliki 3 pasang kaki yang pipih dan lebar pada bagian paha. Warna tubuhnya berkisar, kuning, coklat tua, atau hitam dengan bintik-bintik, sehingga menurut Rufusova dkk. (2017) digolongkan dalam genus *Heptagenia*.

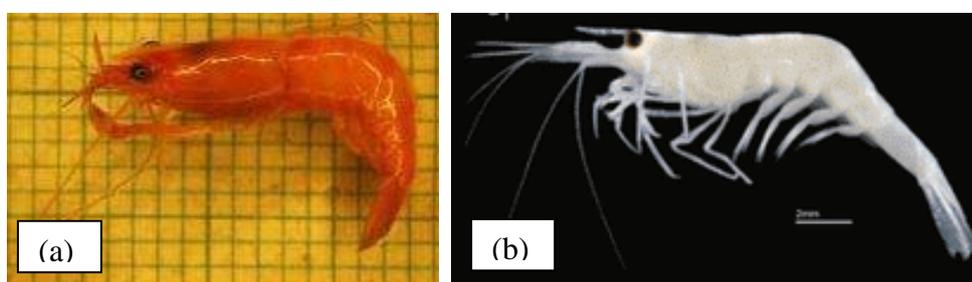
Klasifikasi spesimen 9 sebagai berikut (ITIS, 2009):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Ephemeroptera
Famili : Heptageniidae
Genus : *Heptagenia*

Menurut Rufusova dkk. (2017), larva dari genus *Heptagenia* mendiami aliran sungai pegunungan dan dataran rendah. Larva Heptageniidae dicirikan oleh tubuh rata dengan dua hingga tiga filamen ekor. Heptageniidae ditemukan perairan yang mengalir jernih dari pegunungan tinggi hingga dataran rendah. Dalam Oscoz dkk. (2011), Heptageniidae adalah hewan dengan tubuh yang pipih dan lebar, kepala subelips atau trapesium dengan mata berada di bagian dorsal. Labial dan maksila palpi 2 segmen. Kaki kokoh dengan paha sangat rata. Beberapa spesies bahkan menunjukkan adaptasi (seperti tujuh pasang insang pipih pada abdomen membentuk penghisap ventral atau sisi dengan kepadatan setae yang lebih tinggi) yang membantu menghindari sapuan arus. Heptageniidae merupakan sejenis lalat capung *rheophilic*, terkait dengan substrat berbatu sungai

pegunungan dan sungai hulu. Morfologinya sesuai untuk hidup di daerah substrat partikel kasar (seperti batu dan substrat kerikil). Selain itu Heptageniidae sangat toleran terhadap suhu rendah dan memiliki kebutuhan oksigen yang tinggi. Makanannya berupa ganggang dan mikroorganisme yang dijumpai di atas batu. Semua karakteristik tersebut membuat kehadiran famili ini sebagai indikator kualitas perairan yang baik.

j. Spesimen 10



Gambar 4. 10. Genus *Caridina* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

Spesimen 10 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh lebih panjang daripada lebar tubuhnya, ekor menyerupai kipas di ujung abdomen, dan terdapat lima pasang kaki seperti gambar 4.10. Spesimen ini memiliki capit kecil pada dua pasang kaki pertama dengan rumbai rambut panjang. Matanya terletak pada batang yang dapat digerakkan, sehingga menurut Dwiyanto dkk. (2018) digolongkan dalam genus *Caridina*.

Klasifikasi spesimen 10 sebagai berikut (ITIS, 2004):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Malacostraca

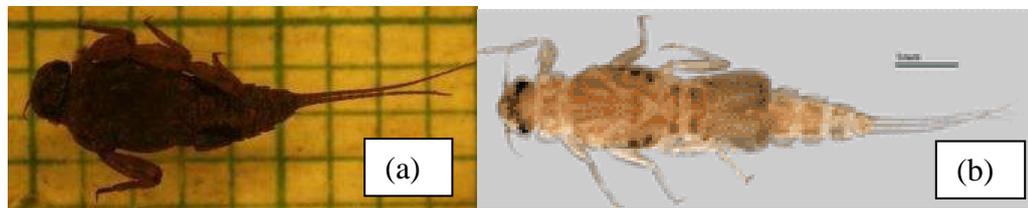
Ordo : Decapoda

Famili : Atyidae

Genus : *Caridina*

Menurut Oscoz dkk. (2011), Atyidae adalah krustasea dekapoda yang termasuk dalam infraordo Crustacea Caridea. Famili ini umumnya terdiri dari spesies air tawar tropis berupa udang kecil dengan tubuh memanjang dan memipih secara lateral, dengan pleopoda (kaki pada abdomen) yang termodifikasi untuk berenang. Dua pasang pereopoda (kaki pada toraks) pertama serupa satu sama lain dan memiliki ujung berupa capit yang menyisip pada tepi distal tulang *carpus*. Terdapat seta yang lebat menyerupai sikat. Rostrum berkembang dengan baik dan kedua tepinya bergerigi. Famili ini mudah diidentifikasi dengan mata tidak berpigmen dan berwarna putih, seperti banyak jenis organisme di bawah tanah. Famili ini mentolerir suhu ekstrim dan fluktuasi salinitas, menyebabkan kemampuan berkembang di perairan mesohalin. Famili ini dapat ditemukan di sungai, waduk, sawah, saluran air, mata air, danau, pesisir dan bahkan sungai temporal. Atyidae berenang di dasar untuk mencari detritus atau tanaman, bisa menjadi omnivora maupun detritivor. Dalam Gerber & Gabriel (2002), Atyidae bergerak sangat cepat dan melompat ketika terganggu atau terkejut. Habitatnya di antara vegetasi tepi kolam atau sungai. Warnanya abu-abu transparan atau merah muda.

k. Spesimen 11



Gambar 4. 11. Genus *Caenis* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

Spesimen 11 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri insang di segmen abdomen I-VI, meskipun pasangan pertama mengecil seperti gambar 4.11. Pasangan insang kedua berbentuk segi empat dan besar, melekat pada garis tengah tubuh, dan menutupi insang posterior, yang memiliki batas bercabang. Bagian toraks berbentuk kurang lebih *convex* (menggembung), sehingga menurut Malzacher & Staniczek (2018) digolongkan dalam genus *Caenis*.

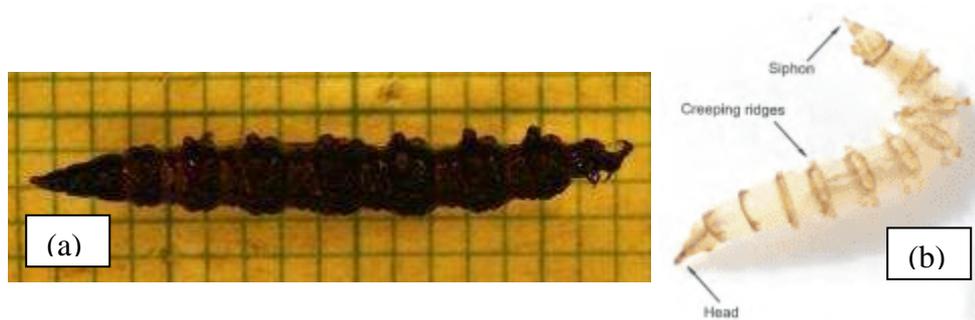
Klasifikasi spesimen 11 sebagai berikut (ITIS, 2009):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Ephemeroptera
 Famili : Caenidae
 Genus : *Caenis*

Menurut Oscoz dkk. (2011), spesies *Caenis* terdapat di semua jenis sungai dengan ketinggian lebih rendah dari 1400 mdpl. Morfologi insang khususnya memungkinkan larva Caenidae untuk hidup di daerah dengan kecepatan arus yang

lambat dan air yang tergenang, di atas pasir dan kerikil, atau di dalam zona interstisial. Biasanya, habitat ini memiliki endapan detritus dan, kadar oksigen rendah. Toleransi spesies *Caenis* terhadap kondisi tersebut membuat masukan dari polusi organik meningkatkan populasi dari beberapa jenisnya. Menurut Rufusova dkk. (2017), Caenidae lebih suka air yang tergenang. Larva tidak tergantung pada pasokan oksigen dalam air, sementara lainnya hidup di sungai. Dalam Gerber & Gabriel (2002), nimfa Caenidae berwarna coklat, ukuran relatif kecil, punggung bungkuk, dengan dua insang persegi yang menonjol. Famili ini berenang dalam lompatan pendek, gaya lumba-lumba, atau merangkak perlahan pada substrat. Habitatnya pada batu atau daerah berlumpur dengan aliran lambat.

1. Spesimen 12



Gambar 4.12. Genus *Chrysops* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

Spesimen 12 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh berbentuk subsilindris atau gelendong, melebar di tengah dan meruncing di kedua ujungnya. Terdapat banyak guratan-guratan longitudinal seperti kerutan pada tegumen seperti gambar 4.12. Segmen abdomen ke 1-7 memiliki proleg di tepi anterior, yang diatur dalam sebuah cincin, memberikan larva ini penampilan yang berbeda. Di bagian posterior abdomen memiliki siphon pernapasan pendek

dan berbentuk mirip kerucut, sehingga menurut Dobson (2013) digolongkan dalam genus *Chrysops*.

Klasifikasi spesimen 12 sebagai berikut (ITIS, 2021):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Diptera
Famili : Tabanidae
Genus : *Chrysops*

Menurut Rufusova dkk. (2017), larva dari genus *Chrysops* memiliki 3 pasang prolegs pada tujuh segmen perut. Famili Tabanidae adalah kelompok serangga hematofag, larvanya biasa ditemukan di daerah kolam berlumpur dan danau, antara vegetasi yang terendam atau di dekat tepi sungai. Dalam Gerber & Gabriel (2002), larva Tabanidae berukuran besar, silindris, runcing di kedua ujungnya, kepala dapat ditarik mengecil, dan cincinan melingkari semua segmen abdomen. Tubuhnya berkontraksi dan mengembang memanjang. Habitat di area kolam dan sungai yang berlumpur, dengan warna tubuh putih atau putih pucat. Menurut Oscoz dkk. (2011), secara umum Tabanidae tidak dianggap indikator kualitas tinggi, karena beberapa spesies dapat hidup di daerah dengan endapan detritus, meskipun sebagian besar ditemukan di sungai bersih. Keanekaragaman famili ini bisa sangat rendah di daerah dengan tepian sungai yang kurang tumbuh-tumbuhan karena mungkin tahap dewasa membutuhkan vegetasi yang lebat.

m. Spesimen 13



Gambar 4. 13. Genus *Chrysopilus* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

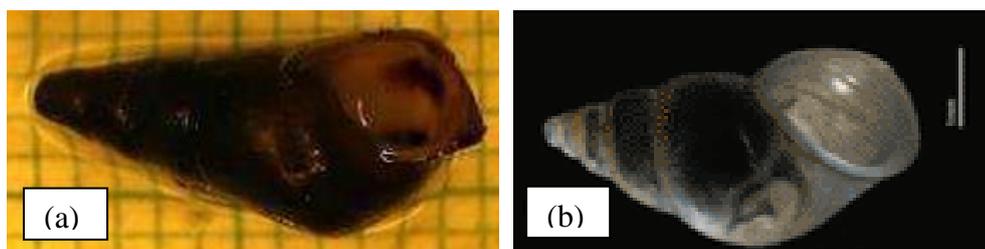
Spesimen 13 hanya ditemukan pada stasiun 1 dan 2 dengan jumlah yang sama. Spesimen ini memiliki ciri tubuh silindris tanpa kepala yang jelas, dengan berkas ventral pada segmen abdomen seperti gambar 4.13. Warnanya putih. Mandibula berbentuk segitiga dan berkembang baik. Larva ini memiliki dua alur membujur lateral sepanjang seluruh tubuh. Segmen abdomen terakhir memiliki empat lobus yang berdiferensiasi, dua dorsal dan dua ventral, sehingga menurut Sundermann dkk. (2007) digolongkan dalam genus *Chrysopilus*.

Klasifikasi spesimen 13 sebagai berikut (ITIS, 2021):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Diptera
 Famili : Rhagionidae
 Genus : *Chrysopilus*

Menurut Oscoz dkk. (2011), *Chrysopilus* merupakan genus tunggal dari famili Rhagionidae yang hidup di lingkungan akuatik. Lobus Rhagionidae agak berdaun dan membatasi atrium pernapasan. Biasanya ada yang tuberkel kerucut kecil dan runcing antara punggung dan lobus ventral. Pelat anal memiliki bentuk oval berwarna gelap. Dalam Santos & Carmo (2016) larva Rhagionidae merupakan predator. Serangga dewasa dari *Chrysopilus* memangsa serangga lain. Ukuran spesies berkisar dari kecil hingga sedang (4–20 mm). Fase dewasa adalah lalat berukuran sedang, yang biasanya ditemukan pada vegetasi terlindung, sering lembab, hutan terbuka, atau hutan di dataran tinggi dan pegunungan.

n. Spesimen 14



Gambar 4. 14. Genus *Potamopyrgus* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

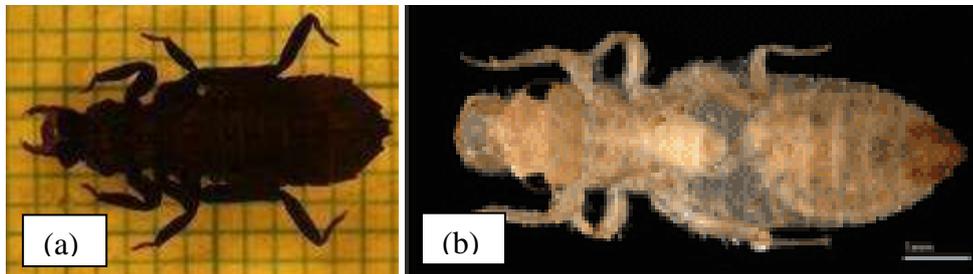
Spesimen 14 hanya ditemukan pada stasiun 2. Spesimen ini memiliki ciri mereka memiliki cangkang yang halus dan berbentuk kerucut, dapat berukuran hingga 10 mm seperti gambar 4.14. Cangkang berwarna hitam kehijauan gelap dengan arah putaran dekstral (ke kanan). Bukaan cangkang berbentuk oval atau subelips. Operkulum bertanduk dengan beberapa lingkaran sehingga menurut Rufusova dkk. (2017) digolongkan dalam genus *Potamopyrgus*.

Klasifikasi spesimen 14 sebagai berikut (Rufusova dkk., 2017):

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

Menurut Rufusova dkk. (2017), Hydrobiidae merupakan keong (Gastropoda) yang memiliki cangkang *Spire Jenkin* dengan tinggi sekitar 4-6 mm. Putaran cangkangnya dextral dan mulut cangkang dengan operkulum. Dalam Oscoz dkk. (2011), Hydrobiidae dicirikan oleh ukurannya yang kecil. Secara umum, dalam famili ini dapat diamati konvergensi morfologi cangkang serta variabilitas ekstrim dari karakteristik cangkang tergantung terhadap lingkungan tempat hewan tersebut hidup. Sebagian besar spesies Hydrobiidae adalah *crenophiles*, biasanya ditemukan di sumber sungai dan mata air. Distribusinya dibatasi oleh kondisi stenotermnya. Banyak yang secara khusus menghuni lingkungan hipogeal (suhu tidak berfluktuasi) bukan sungai. Sebagian besar spesies memiliki jenis kelamin terpisah, meskipun beberapa spesies memiliki reproduksi partenogenetik ovovivipar.

o. Spesimen 15



Gambar 4. 15. Genus *Heliogomphus* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

Spesimen 15 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh pipih secara dorsoventral, antena pendek dan kokoh dengan empat segmen, dan masker datar yang tidak menutupi bagian mulut lainnya seperti gambar 4.15. Spesimen berwarna hitam dengan garis-garis kuning. Abdomen membulat dan rata. Ujung anal piramida kecil sehingga menurut Ngiam (2010), digolongkan dalam genus *Heliogomphus*.

Klasifikasi spesimen15 sebagai berikut (GBIF, 2021):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Odonata
 Famili : Gomphidae
 Genus : *Heliogomphus*

Menurut Gerber & Gabriel (2002), bentuk tubuh Gomphidae berbeda-beda tergantung spesies. Mata gelap besar, antena pendek lebar, dan kaki disesuaikan untuk menggali di pasir. Perilakunya merangkak meninggalkan jejak atau lekukan

di bawah pasir. Habitat di tepian pasir, petak berlumpur, dan tepi sungai. Warnanya pucat atau coklat sedang. Dalam Oscoz dkk. (2011) kebiasaan menenggelamkan kepala terlebih dahulu ke dalam substrat menyebabkan pengurangan jumlah segmen antena. Selain itu morfologi tibiae membantu menggali dan singkat dan *tarsi* lebih kokoh dibanding famili lainnya. Ujung abdomen tetap berada di luar substrat untuk pernafasan. Larva Gomphidae sangat berbulu, sehingga biasanya ditutupi dengan detritus.

p. Spesimen 16



Gambar 4. 16. Genus *Perlodes* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz-dkk., 2011).

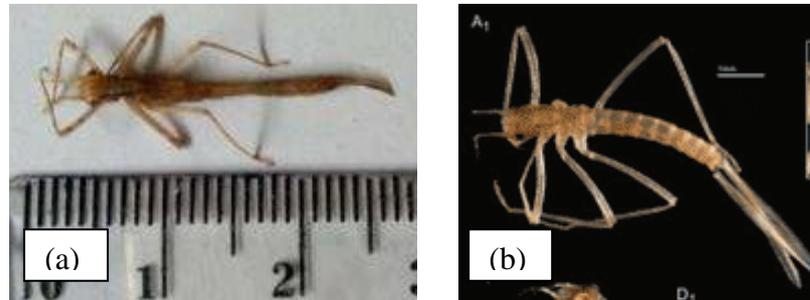
Spesimen 16 hanya ditemukan pada stasiun 2 dan 3, namun lebih banyak pada stasiun 3. Spesimen ini memiliki ciri tubuh memanjang dan silindris berwarna kuning kecoklatan. Terdapat pola yang spesifik, tanpa insang trakea toraks atau abdomen seperti gambar 4.16. Segmen tarsal I dan II pendek, sedangkan segmen III panjang. Pteropthecae (terutama pteropthecae belakang) agak menyimpang dan berbentuk segitiga, sehingga menurut Rufusova dkk. (2017), digolongkan dalam genus *Perlodes*.

Klasifikasi spesimen 16 sebagai berikut (GBIF, 2021):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Plecoptera
Famili : Perlodidae
Genus : *Perlodes*

Menurut Rufusova dkk. (2017), lalat batu dari famili Perlodidae tidak memiliki insang bercabang dari pangkal kaki dan hidup di pegunungan atau sungai temporal. Bantalan sayap/dua filamen ekor (cerci)/insang bercabang atau tunggal dapat dijumpai pada segmen toraks atau leher; bahkan tanpa insang (insang tidak pernah ada di segmen abdomen). Tubuhnya memiliki pola warna yang jelas dengan berbagai warna kuning-coklat, dengan panjang 10-20 mm. Dalam Oscoz dkk. (2011), Perlodidae adalah lalat batu yang melengkapi siklus hidupnya dalam waktu satu tahun, meskipun populasi beberapa spesies membutuhkan waktu lebih lama untuk berkembang. Famili ini hidup di mata air (rhithron) serta perairan yang relatif tenang (potamon). Spesies yang hidup sementara di habitat ini mengembangkan adaptasi seperti perkembangan embrio yang panjang (dengan atau tanpa diapause).

q. Spesimen 17



Gambar 4. 17. Genus *Calopteryx* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscosz-dkk., 2011).

Spesimen 17 hanya ditemukan pada stasiun 2 dan 3, namun lebih banyak pada stasiun 2. Spesimen ini memiliki ciri tubuh panjang dan silindris, antena panjang, dengan pangkal lebih lebar dari ujung seperti gambar 4.17. Warnanya berseling coklat tua dan pucat. Ketiga pasang kaki kecil dan panjang. Mempunyai tiga insang besar, di ujung posterior, sehingga menurut Rufusova dkk. (2017), digolongkan dalam genus *Calopteryx*.

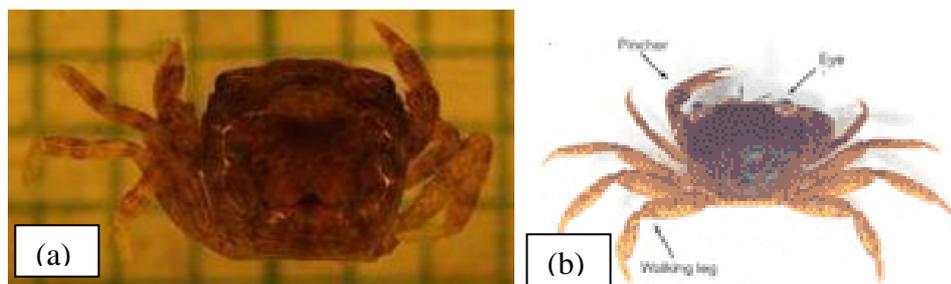
Klasifikasi spesimen 17 sebagai berikut (ITIS, 2006):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Odonata
 Famili : Calopterygidae
 Genus : *Calopteryx*

Menurut Rufusova dkk. (2017), segmen antena pertama Calopterygidae lebih panjang dari kepala. Panjangnya 26 mm tanpa pelengkap. Larva damselflies

ini memiliki bantalan sayap, tiga pelengkap seperti ekor datar berdaun, dan labium dalam seperti masker atau sendok yang dapat dipanjangkan. Dalam Oscoz dkk. (2011), larva Calopterygidae mudah diidentifikasi dengan segmen basal antenanya yang lebih panjang dari gabungan segmen yang sisanya. Bentuk dewasanya berwarna biru metalik, hijau, atau tembaga, dengan sayap sebagian gelap. Habitatnya pada air mengalir dari sumber ke muara sungai besar. Faktor-faktor terpenting yang membatasi pemilihan habitat adalah suhu air.

r. Spesimen 18



Gambar 4. 18. Genus *Potamonautes* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

Spesimen 18 hanya ditemukan pada stasiun 2. Spesimen ini memiliki ciri tubuh lebar, empat pasang kaki bersendi, dan satu pasang pelengkap yang dimodifikasi menjadi capit seperti gambar 4.18. Abdomen tidak terlihat, terselip di bawah tubuh. Warnanya coklat. Mata terletak pada batang yang bisa bergerak sehingga menurut Daniels dkk. (2019), digolongkan dalam genus *Potamonautes*. Pergerakannya menyamping, habitat di bawah bebatuan.

Klasifikasi speimen 18 sebagai berikut (GBIF, 2021):

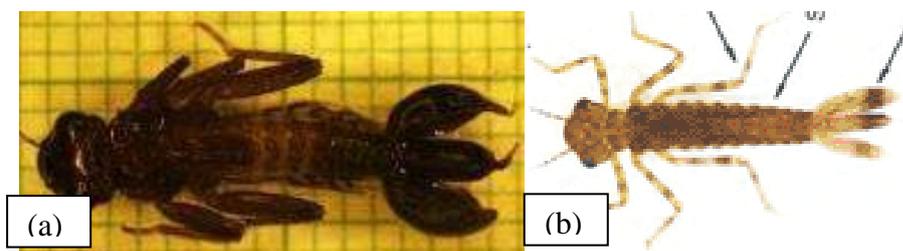
Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Malacostraca
 Ordo : Decapoda
 Famili : Potamonautidae
 Genus : *Potamonautes*

Menurut Cumberlidge dkk. (2005), famili Potamonautidae memiliki warna karapas coklat tua, permukaan toraks ventral coklat terang, dan abdomen berwarna coklat tua. Permukaan punggung berwarna coklat, dan jari-jarinya berwarna krem. Potamonautidae dari Tanzania ditemukan pada air di lubang pohon yang dihuninya, dengan pH sedikit asam (6.1–6.6), rendah oksigen, dan memiliki kandungan mineral yang tinggi. Penurunan pH disebabkan oleh pembusukan daun dan materi organik yang menumpuk. Kepiting dapat membuang sampah daun dari air ke dalam lubang pohon. Perilaku ini mungkin berfungsi untuk mengurangi jumlah pembusukan daun dan untuk meningkatkan kadar kalsium air sehingga mengimbangi penurunan pH yang lebih besar.

s. Spesimen 19



Gambar 4. 19. Genus *Platyncnemis* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

Spesimen 19 hanya ditemukan pada stasiun 1 dan 2 dengan jumlah yang sama. Spesimen ini memiliki ciri tubuh pendek dan padat. 3 pasang kakinya

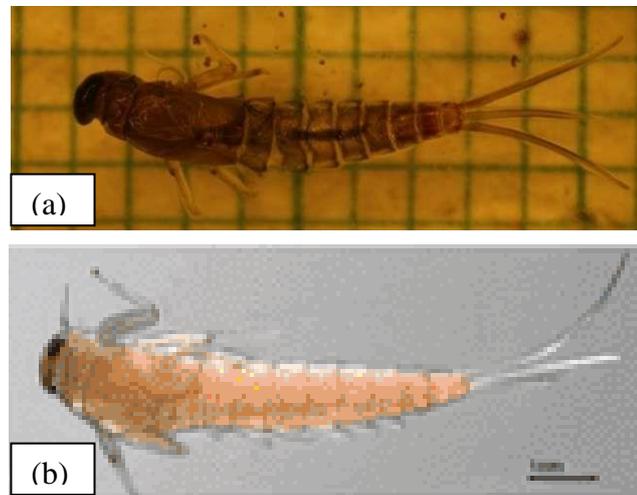
terlihat kokoh, dengan rambut-rambut halus pada sisi samping abdomen seperti gambar 4.19. Warna tubuh coklat. Pada ujung anal terdapat tiga insang pendek yang menggelembung, bagian dalamnya berlubang sehingga menurut Rufusova (2017), digolongkan dalam genus *Platycnemis*.

Klasifikasi spesimen 19 sebagai berikut (ITIS, 2021):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Odonata
Famili : Platycnemididae
Genus : *Platycnemis*

Menurut Oscoz dkk. (2011), Platycnemididae secara morfologis sangat mirip dengan Coenagrionidae. Namun, keduanya mudah dibedakan dengan bentuk *lamellae* ekor Platycnemididae yang ujungnya meruncing dalam semacam filamen kaku dan memanjang, sedangkan pada Coenagrionidae tidak ada pemanjangan. Palpi labial Platycnemididae hanya memiliki 2–4 setae panjang dan beruang setae pendek di tepi luar. Platycnemididae dewasa adalah *damsselflies* kecil. Platycnemididae jantan bisa dibedakan karena tibianya yang seperti daun, pipih dan melebar. Famili ini selalu menempati perairan yang mengalir. Di Spanyol, larva *Platycnemis latipes* merupakan salah satu yang paling umum, hidup dalam tipe perairan yang berbeda-beda, bahkan perairan dengan kondisi ekologi yang kurang baik.

t. Spesimen 20



Gambar 4. 20. Genus *Baetis* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz dkk., 2011).

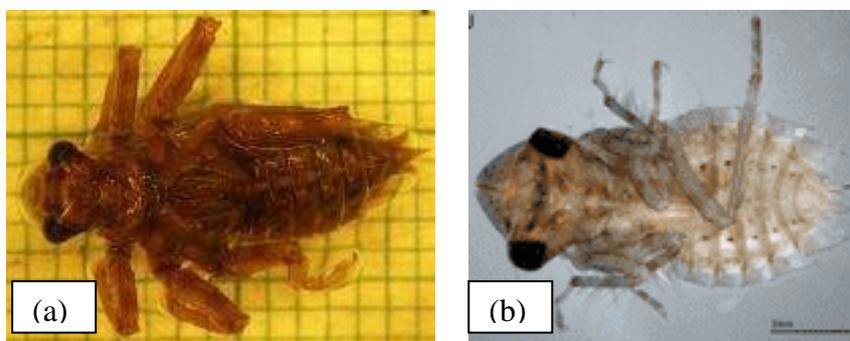
Spesimen 20 ditemukan pada semua stasiun, namun paling banyak pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh fusiform/torpedo, mata dorsolateral, dan antena lebih panjang dari kepala. Labrum berbentuk persegi empat. Lobus labium memiliki ujung membulat seperti gambar 4.20. Terdapat tujuh pasangan insang abdomen. Bagian ekor bercabang menjadi 3, sehingga menurut Rufusova dkk. (2017), digolongkan dalam genus *Baetis*.

Klasifikasi spesimen 20 sebagai berikut (ITIS, 2009):

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

Menurut Rufusova dkk. (2017), Famili Baetidae menghuni habitat lotik maupun lentik. Beberapa memakan partikulat bahan organik, sementara lainnya adalah *grazer* dan pengikis biofilm. Ukuran tubuhnya berkisar antara 5-9 mm. Famili ini tidak memiliki duri posterolateral pada segmen perut terakhir. Dalam Oscoz dkk. (2011), Baetidae dapat ditemukan di semua jenis sungai dan aliran, baik di air mengalir dan tergenang (danau serta kolam). Famili ini lebih menyukai substrat kerikil atau pasir. Bentuk tubuh fusiform membantu Baetidae berenang melawan arus dalam interval pendek. Meskipun beberapa spesies hampir tidak dapat mentoleransi polusi, namun beberapa spesies menunjukkan tingkat toleransi yang lebih tinggi. Dengan demikian, kehadirannya pada tingkat famili tidak dapat dianggap sebagai indikator perairan berkualitas tinggi.

u. Spesimen 21



Gambar 4. 21. Genus *Zygonyx* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Oscoz-dkk., 2011).

Spesimen 21 hanya ditemukan pada stasiun 3. Spesimen ini memiliki ciri tubuh oval dengan kepala berbentuk segitiga. Matanya menonjol dan kaki tidak sepanjang famili Corduliidae, seperti gambar 4.21. Warna coklat pucat berbintik-bintik. Bagian anal membentuk piramida. Terdapat dua pasang sayap membran

besar dan transparan, dengan masker menyerupai sendok sehingga menurut Suhling & Martens (2007), digolongkan dalam genus *Zygonyx*.

Klasifikasi spesimen 21 sebagai berikut (GBIF, 2021):

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Odonata
Famili : Libellulidae
Genus : *Zygonyx*

Menurut Rufusova dkk. (2017), abdomen nimfa Libellulidae membulat dan pipih, dengan lebar lebih dari 4mm, berujung dengan piramida anal. Ukuran dewasanya dapat mencapai 60 mm. Memiliki masker seperti sendok. Dalam Oscoz dkk. (2011), biasanya Libellulidae dewasa berwarna kemerahan, kebiruan atau kuning. Famili ini dapat ditemukan di hampir semua habitat perairan. Sebagian besar berada pada air genangan atau perairan dengan arus lemah, pengecualian seperti *Libellula depressa*, *Orthetrum coerulescens*, *O. brunneum*, dan *Sympetrum striolatum* yang berkembang di kedua jenis perairan. Siklus hidupnya bisa sangat singkat, dengan beberapa generasi dalam setahun pada spesies beriklim sedang, atau mereka dapat memiliki siklus panjang hingga 3 tahun pada populasi dataran tinggi. Dalam Gerber & Gabriel (2002), Libellulidae berenang dalam loncatan pendek. Habitatnya pada batuan, lumpur, daerah sempit, dengan aliran sangat lambat.

v. Spesimen 22



Gambar 4. 22. Genus *Elophila* (a) Foto pengamatan (b) Literatur (Gerber & Gabriel, 2002).

Spesimen 22 hanya ditemukan pada stasiun 3. Spesimen ini memiliki ciri tubuh gemuk dan lunak seperti cacing. Memiliki enam kaki dengan lima pasang proleg abdomen seperti gambar 4.23. Tubuhnya ditutupi dengan filamen insang. Warnanya krem kecoklatan hingga coklat, sehingga menurut Vallenduuk & Cuppen (2004), digolongkan dalam genus *Elophila*.

Klasifikasi spesimen 22 sebagai berikut (ITIS, 2021):

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Lepidoptera
 Famili : Crambidae
 Genus : *Elophila*

Menurut Oscoz dkk. (2011), Pyralidae merupakan salah satu famili dari ordo Lepidoptera yang memiliki larva akuatik. Secara umum, morfologi larva akuatik mirip dengan larva terestrial, memiliki tiga pasang kaki tersegmentasi yang relatif kecil dan *cephalic hypognathous* yang tersklerotisasi dengan baik.

Terdapat antena pendek dan lima pasang proleg di segmen abdomen 3–6 dan 10. Beberapa spesies memiliki tubuh filiformis dan insang bercabang di beberapa segmen toraks dan abdomen. Tidak banyak lepidoptera air sejati, sehingga lebih tepat dianggap semiakuatik. Habitatnya berada di perairan tergenang maupun berarus. Famili ini adalah fitofag sehingga selalu berasosiasi dengan tumbuhan makrofit. Beberapa juga memakan alga mikroskopis pada vegetasi dan mikroflora terkait dengan pembusukan tumbuhan. Mekanisme pernapasan terdiri dari struktur tegumen dengan insang pada beberapa jenis.

Terdapat 81 ekor spesimen dengan 15 genus pada stasiun 1, 123 ekor spesimen dengan 12 genus pada stasiun 2, dan 150 ekor spesimen dengan 18 genus pada stasiun 3. Jumlah total genus makrozoobentos ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Jumlah genus makrozoobentos

| No | Genus | Stasiun 1 | | | | Stasiun 2 | | | | Stasiun 3 | | | |
|----|----------------------|-----------|----|----|-----------|-----------|----|----|------------|-----------|----|----|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | Σ | 1 | 2 | 3 | Σ | 1 | 2 | 3 | Σ |
| 1 | <i>Hydropsyche</i> | 10 | 20 | 7 | 37 | 17 | 61 | 8 | 86 | 42 | 55 | 37 | 134 |
| 2 | <i>Atherix</i> | 3 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | <i>Limnophora</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | <i>Ecnomus</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | <i>Hirudo</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | <i>Rhyacophila</i> | 0 | 7 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | <i>Glossiphonia</i> | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | <i>Cordulegaster</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | <i>Heptagenia</i> | 0 | 7 | 4 | 11 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 10 | <i>Caridina</i> | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | <i>Caenis</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | <i>Chrysops</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | <i>Chrysopilus</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | <i>Potamopyrgus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 15 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | <i>Heliogomphus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | <i>Perlodes</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5 |
| 17 | <i>Calopteryx</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 18 | <i>Potamonautes</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | <i>Platycnemis</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | <i>Baetis</i> | 1 | 0 | 6 | 7 | 0 | 3 | 1 | 4 | 1 | 0 | 3 | 4 |
| 21 | <i>Zygonyx</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 22 | <i>Elophila</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| | Jumlah | 18 | 39 | 24 | 81 | 25 | 69 | 29 | 123 | 48 | 59 | 43 | 150 |

Genus yang makrozoobentos ditemukan mendominasi di ketiga stasiun yakni *Hydropsyche*, dari stasiun 1 hingga 3 berturut-turut 37, 86, dan 134 ekor. Genus ini melimpah karena sifatnya yang toleran, sesuai Gerber & Gabriel (2002) bahwa Famili Hydropsychidae memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap pencemaran. Menurut Rufusova dkk. (2017), Hydropsychidae sebagai *filter feeder* berada di perairan yang mengalir, yang mungkin tercemar secara organik, sehingga menyediakan makanan dalam jumlah tinggi. Adapun menurut Ficsor & Csabai (2021), larva famili Hydropsychidae tersebar luas hampir di seluruh bagian sungai, mulai dari hulu hingga sungai besar. Namun setiap bagian sungai dicirikan oleh spesies yang berbeda dan kombinasinya. Larva genus ini biasanya menempati substrat dasar yang keras dari berbagai jenis dan ukuran partikel. Peningkatan debit air rata-rata tahunan, penurunan kecepatan arus, atau penurunan ukuran butir sedimen dasar, akan mempengaruhi perbedaan spesies. Hal ini karena respirasi yang bergantung pada suhu atau perilaku membangun jaring yang berbeda dari tiap spesies.

Genus yang ditemukan cenderung lebih banyak di salah satu stasiun yakni *Heptagenia*, dari stasiun 1 hingga 3 berturut-turut 11, 2, dan 1 ekor. Genus ini melimpah pada stasiun 1 dengan suhu yang paling rendah, DO yang paling tinggi, dan COD yang paling rendah. Menurut Oscoz dkk. (2011), Heptageniidae sangat toleran terhadap suhu rendah dan memiliki kebutuhan oksigen yang tinggi. Heptageniidae merupakan sejenis lalat capung *rheophilic*, morfologinya sesuai terkait dengan substrat berbatu sungai pegunungan dan sungai hulu. Semua karakteristik tersebut membuat kehadiran famili ini sebagai indikator kualitas perairan yang baik.

Genus *Potamopyrgus* juga ditemukan cenderung lebih banyak di salah satu stasiun, dari stasiun 1 hingga 3 berturut-turut 0, 19, dan 0 ekor. Genus ini melimpah pada stasiun 2 dengan kecepatan arus yang paling tinggi. Dalam Oscoz dkk. (2011), Famili Hydrobiidae sebagian besar adalah *crenophiles*, biasanya ditemukan di sumber sungai dan mata air. Distribusinya dibatasi oleh kondisi *stenotermnya*. Adapun menurut Fajri (2013), karena sebagian besar merupakan epifauna yang bergerak lambat, gastropoda mudah dijumpai sehingga menyebabkan persentase Gastropoda cukup tinggi.

4.2 Indeks keanekaragaman makrozoobentos

Berdasarkan data jumlah genus makrozoobentos yang telah diidentifikasi, didapatkan nilai indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H') dan indeks dominansi Simpson (D) sebagai berikut pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai indeks keanekaragaman dan indeks dominansi

| Nilai Indeks | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 | Kumulatif |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Keanekaragaman (H') | 1,902 | 1,130 | 0,523 | 1,185 |
| Dominansi (D) | 0,250 | 0,516 | 0,800 | 0,522 |

Nilai indeks keanekaragaman kumulatif berupa rata-rata jumlah seluruh stasiun sebesar 1,185, menurut Sulaeman dkk. (2020) menunjukkan tingkat keanekaragaman tergolong sedang ($1 < H' < 3$). Nilai indeks dominansi kumulatif sebesar 0,522 menunjukkan adanya dominansi tingkat sedang dari genus tertentu. Indeks keanekaragaman tiap stasiun yang paling tinggi ke paling rendah secara berturut-turut yakni stasiun 1, 2, dan 3. Nilai tersebut berbanding terbalik dengan

nilai indeks dominansi pada 3 stasiun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Thukral dkk (2019) bahwa ketika nilai dominansi meningkat, maka nilai keanekaragamannya berkurang. Perubahan keanekaragaman pada habitat yang disebabkan oleh gangguan alogenis dan polutan dapat dievaluasi menggunakan indeks biotik atau keanekaragaman. Adanya eutrofikasi dapat meningkatkan dominansi salah satu atau beberapa spesies. Menurut Abidin (2018), nilai indeks H' yang tinggi menunjukkan kemungkinan daerah tersebut kaya akan unsur hara dan tinggi nilai produktifitas. Adapun menurut Arfiati dkk. (2019), indeks keseragaman yang tinggi menunjukkan individu yang ditemukan memiliki persebaran komposisi yang tinggi dan merata. Hal ini mengindikasikan komunitas dengan pertumbuhan dan perkembangan yang stabil, ekosistemnya mempunyai keanekaragaman yang tinggi tanpa dominansi spesies organisme tertentu. Organisme yang hidup di lingkungan yang kondisinya baik ditunjukkan oleh indeks dominansi yang rendah.

Stasiun 1 memiliki nilai indeks keanekaragaman tertinggi ($H'=1,902$). Menurut Sulaeman dkk. (2020) tingkat keanekaragaman tersebut tergolong sedang ($1 < H' < 3$). Nilai indeks dominansi terendah ($D = 0,250$) dibandingkan stasiun lainnya, menandakan hanya sedikit genus yang mendominasi. Stasiun ini memiliki substrat dasar berbatu, batuan ukuran besar-sedang, terdapat tutupan pohon di dua sisi, dan mendekati sumber mata air. Aliran ini belum banyak melalui pemukiman sehingga masih bersih tanpa adanya cemaran sampah atau limbah. Menurut He dkk. (2020), habitat di daerah dataran tinggi dapat membatasi distribusi sebagian besar spesies generalis karena suhunya yang rendah dan sumber makanan terbatas. Lingkungan seperti ini juga membatasi aktivitas

manusia, sehingga adanya korelasi negatif yang signifikan antara penggunaan lahan terkait manusia dan ketinggian. Daerah dataran tinggi dengan vegetasi lebih rapat dan sedikit dampak aktivitas manusia dapat mendukung lebih banyak keanekaragaman spesies daripada daerah dataran rendah. Pada daerah dataran yang lebih rendah terdapat perubahan vegetasi riparian, morfologi sungai, dan kondisi lingkungan (misalnya tutupan kanopi, kualitas air, komposisi substrat) yang berdampak pada makroinvertebrata.

Stasiun 2 dengan nilai indeks keanekaragaman $H' = 1,130$. Menurut Sulaeman dkk. (2020) digolongkan dalam tingkat keanekaragaman sedang ($1 < H' < 3$). Nilai indeks dominansi $D = 0,516$ menandakan adanya dominansi sedang dari suatu genus. Stasiun ini memiliki substrat dasar berkerikil, terdapat batuan ukuran besar-kecil, dengan tutupan pohon bambu di salah satu sisi. Letaknya dekat perkebunan, aliran sungai setelah peternakan dan pemukiman penduduk. Menurut Chazanah dkk. (2017), perbedaan status kualitas sungai bisa disebabkan oleh aktivitas antropogenik sekitar titik penelitian. Kegiatan peternakan menghasilkan limbah ke badan air yang menyebabkan kualitas sungai menurun, yang dapat ditinjau baik secara visual maupun bau. Limbah ini menimbulkan polutan bahan organik dan nutrisi, sehingga memiliki nilai TSS cukup tinggi. Selain aliran dari limbah peternakan, limbah dari kegiatan rumah tangga juga menambah cemaran. Begitu pula menurut Cesoniene dkk. (2019), salah satu sumber pencemaran yang paling berbahaya adalah peternakan yang limbah produksinya berdampak negatif terhadap kualitas tanah dan air. Alasan utamanya adalah pengolahan air limbah yang tidak memadai, pupuk kandang yang sudah terlalu lama, manajemen teknologi, dan mengabaikan persyaratan

lingkungan. Peternakan sapi diperkirakan sebagai *point source* (sumber titik) di periode musim dingin, dan *diffuse source* (sumber menyebar) di musim panas. Kepadatan ternak juga berdampak pada lingkungan, karena konsentrasi 240 ternak dalam 1 km² telah menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan di sungai dan danau.

Stasiun 3 memiliki nilai indeks keanekaragaman terendah ($H' = 0,523$). Menurut Sulaeman dkk. (2020) digolongkan dalam tingkat keanekaragaman tergolong rendah ($H' < 1$). Nilai indeks dominansi tertinggi ($D = 0,800$) dibandingkan stasiun lainnya, menandakan adanya genus yang sangat mendominasi. Stasiun ini memiliki substrat dasar berpasir, terdapat batuan berukuran besar hingga sedang, tidak tertutup naungan pohon secara langsung, dan dekat dengan jembatan. Letaknya setelah ekowisata, pertambangan pasir, dan permukiman penduduk. Dijumpai banyak sampah plastik yang tersangkut batuan dan timbunan dedaunan yang terbawa arus dari aliran sebelumnya. Menurut Chazanah dkk. (2017), perubahan ekosistem sungai diakibatkan aktivitas manusia pada sungai antara lain berupa pembuatan tanggul, pengerukan dasar sungai dan danau, pelurusan aliran berliku, dan penggunaan lahan tanah untuk kegiatan pertanian, peternakan, maupun domestik.

Penambangan pasir menurut Arsyad (2020) menimbulkan dampak fisik seperti air penurunan kualitas, destabilisasi aliran dan bantaran sungai, serta perubahan bentuk saluran dan kedalaman sungai. Sedimentasi pada hilir dan kerusakan infrastruktur publik juga merupakan dampak negatif dari kegiatan penambangan pasir ini. Menurut Koehnken dkk. (2020), kegiatan penambangan pasir ini merupakan salah satu dari banyak tekanan yang mempengaruhi

ekosistem sungai, di mana keanekaragaman hayati sudah menurun dengan cepat. Sedangkan kegiatan pariwisata dalam Bhadula (2014). telah diidentifikasi sebagai sumber utama tekanan lingkungan karena aktivitas yang dihasilkan wisatawan. Penataan kembali lingkungan secara permanen yang dilakukan oleh berbagai kegiatan konstruksi dan penggantian lingkungan alam dengan lingkungan binaan baru, baik dari segi spesies hayati maupun kondisi fisik yang ada di kawasan tersebut. Dampak lingkungan menyangkut kegiatan rekreasi meliputi pemadatan tanah, erosi, dan perubahan tutupan tumbuhan maupun keanekaragaman jenis spesies.

4.3 Parameter fisika-kimia air sungai

Berdasarkan pengukuran parameter fisika dan kimia air sungai, baik secara langsung maupun pengujian laboratorium, didapatkan nilai dari tiap stasiun pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia air

| No. | Parameter | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 |
|-----|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Suhu ($^{\circ}\text{C}$) | 20,9 | 23,5 | 23,7 |
| 2 | pH | 7,8 | 7,8 | 7,8 |
| 3 | Kecepatan arus (m/s) | 0,773 | 0,815 | 0,770 |
| 4 | DO (mg O_2/L) | 7,2 | 7,1 | 5,5 |
| 5 | COD (mg/L) | 22,68 | 26,78 | 27,87 |
| 6 | TDS (mg/L) | 0,50 | 0,45 | 0,49 |

Suhu air di Kali Jarak berkisar antara 20,9–23,7 $^{\circ}\text{C}$, dengan suhu terendah pada stasiun 1 dan suhu tertinggi pada stasiun 3. Secara keseluruhan suhu air masih memenuhi baku mutu air sungai menurut PP No. 22 Tahun 2021, yakni dalam kisaran 20-26 $^{\circ}\text{C}$ (deviasi 3), di mana suhu udara normal 23 $^{\circ}\text{C}$ di lokasi

pengamatan. Perbedaan suhu di sepanjang aliran sungai dapat disebabkan oleh ketinggian geografis dan tutupan kanopi pohon. Semakin rendah letak stasiun, sungai akan semakin melebar sehingga tutupan vegetasi berkurang, serta intensitas cahaya semakin tinggi. Sesuai dengan penelitian Sulaeman dkk. (2020), faktor penyebab perbedaan hasil pengukuran suhu antara lain intensitas cahaya matahari, pertukaran suhu antara air dan udara, ketinggian geografis, adanya naungan dari pepohonan yang tumbuh di tepi sungai.

Hasil pengukuran pH air Kali Jarak memiliki nilai yang konstan di seluruh stasiun, yakni sebesar 7,8. Nilai pH tersebut memenuhi baku mutu air sungai menurut PP No. 22 Tahun 2021, yakni dalam kisaran 6-9, sehingga masih aman bagi kelangsungan hidup biota perairan. Dalam Fagbayide & Abulude (2018), tingkat pH air sungai dalam batas optimal WHO di antara 6,5 dan 8,5. Nilai pH lebih rendah dari 6,5 dianggap terlalu asam untuk konsumsi manusia yang dapat mengakibatkan masalah kesehatan seperti asidosis. Sedangkan nilai pH lebih besar dari 8,5 juga dianggap terlalu basa untuk konsumsi manusia. Adapun menurut Sulaeman dkk. (2020), setiap organisme memiliki batas toleransi pH yang berbeda. Perubahan tersebut dapat berdampak pada setiap organisme yang bersinggungan langsung dengan air, salah satunya adalah makrozoobentos. Kebanyakan organisme akuatik akan sensitif terhadap perubahan pH, dengan kisaran pH yang optimal adalah sekitar 7 - 8,5.

Kecepatan arus sungai yang didapatkan berkisar antara 0,770-0,815 m/det, sehingga tergolong dalam sungai berarus cepat menurut Ratih dkk. (2015), bahwa sungai berarus cepat memiliki kecepatan sekita 0,5 hingga 1 m/s). Stasiun 2 memiliki kecepatan arus tertinggi diduga karena pengukuran dilakukan pada

bagian tengah sungai tidak terdapat batuan besar. Sedangkan pada stasiun lainnya terdapat batuan besar yang menghalangi dan memecah aliran air sungai. Menurut penelitian Jiwaningrat & Dibyosaputro (2017), adanya perbedaan kecepatan arus di tiap stasiun disebabkan oleh faktor struktur batuan dan adanya hujan dengan intensitas kecil sebelum pengambilan data, sehingga jumlah debit air mengalami peningkatan.

Hasil pengukuran DO di Kali Jarak berkisar antara 5,5 – 7,2 mg/L. Nilai DO tertinggi pada stasiun 1 dan paling rendah pada stasiun 3. Nilai tersebut semakin rendah ketika semakin menjauhi hulu. Nilai DO pada stasiun 1 dan 2 masih memenuhi baku mutu air sungai menurut PP No. 22 Tahun 2021 untuk kelas air I dengan batas minimum 6 mg/L. Sedangkan stasiun 3 hanya memenuhi baku mutu air sungai kelas II dengan batas minimum 4 mg/L. Namun secara keseluruhan nilai DO masih menunjang kehidupan biota air, sesuai pernyataan Gupta dkk. (2017), bahwa untuk memastikan kehidupan akuatik yang lebih baik, DO harus berkisar antara 4 hingga 6 mg/L. Adapun menurut Sulaeman dkk. (2020), konsentrasi oksigen terlarut bergantung pada suhu, keberadaan organisme fotosintetik, tingkat penetrasi cahaya yang tergantung pada kedalaman dan kekeruhan air, kesadahan aliran air, dan jumlah bahan organik (sampah, ganggang mati, atau limbah industri) yang terdegradasi di air.

Hasil pengukuran COD yang didapatkan berkisar antara 22,68 – 27,87 mg/L. Nilai COD tertinggi pada stasiun 3 dan paling rendah pada stasiun 1. Nilai tersebut semakin rendah ketika semakin mendekati hulu, berbanding terbalik dengan DO. Hal tersebut dikarenakan semakin menjauhi hulu maka semakin banyak aktivitas manusia yang menghasilkan limbah bagi perairan. Nilai COD

pada stasiun 1 masih memenuhi baku mutu air sungai menurut PP No. 22 Tahun 2021 untuk kelas air II dengan batas maksimal 25 mg/L. Sedangkan stasiun 2 dan 3 hanya memenuhi baku mutu air sungai kelas III dengan batas maksimal 40 mg/L. Secara keseluruhan nilai COD masih lebih tinggi daripada BOD, sesuai pernyataan Djoharam dkk. (2018), bahwa senyawa organik mampu dioksidasi oleh mikroorganisme menjadi CO₂ serta H₂O, menghasilkan nilai COD yang lebih besar daripada BOD dalam satu badan air. Senyawa-senyawa yang tidak teroksidasi oleh reaksi biologi dan mikroba akan teroksidasi dalam pengujian COD. Sama halnya menurut Prambudy dkk. (2019), pada umumnya nilai COD diperoleh dari hasil pengujian karena jumlah senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimia lebih besar daripada oksidasi biologis. Adanya kegiatan pembuangan limbah dapat menambah beban pencemaran COD.

Nilai TDS yang didapatkan berkisar antara 0,45 - 0,50 mg/L. Nilai tertinggi pada stasiun 1 dan paling rendah pada stasiun 2. Nilai TDS pada seluruh stasiun masih memenuhi baku mutu air sungai menurut PP No. 22 Tahun 2021 untuk kelas air I dengan batas minimum 1000 mg/L. Namun secara keseluruhan nilai TDS masih menunjukkan sungai dalam kualitas baik. Sesuai pernyataan Sukmawati & Rusni (2019), TDS dalam air menunjukkan konsentrasi garam anorganik dan bahan organik seperti karbonat, nitrat, natrium, kalsium, magnesium, dan klorida. Parameter ini mungkin juga menunjukkan kontaminasi limbah dan pertumbuhan plankton yang cepat. Adapun menurut Gupta dkk. (2017), Nilai TDS menunjukkan keberadaan bahan kimia organik sintetik, yang bahkan dalam konsentrasi kecil memberikan rasa, bau, dan warna yang

mengganggu bagi ikan dan tanaman air. Hal ini mungkin disebabkan oleh pembuangan limbah dan aktivitas antropogenik di sepanjang tepi sungai.

4.4 Korelasi keanekaragaman makrozoobentos dengan parameter fisika-kimia air sungai

Berdasarkan data jumlah genus makrozoobentos dan hasil pengukuran parameter fisika-kimia air sungai, didapatkan nilai korelasi antara keduanya pada tabel 4.4 berikut.

Hasil analisis menunjukkan suhu memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus ke-9, yakni *Heptagenia*. Nilai korelasi sebesar -0.99964 menunjukkan adanya kaitan yang sangat erat (0,80-1,000). Korelasi negatif artinya suhu berbanding terbalik dengan keberadaan *Heptagenia*. Hal ini sesuai dengan Oscoz dkk. (2011) bahwa Heptageniidae sangat toleran terhadap suhu rendah dan memiliki kebutuhan oksigen yang tinggi, sehingga keberadaannya dapat menjadi indikator sungai berkualitas baik. Adapun dalam Jacobus dkk. (2019) disebutkan bahwa kenaikan suhu sebesar 3 °C dapat mengakibatkan penurunan 10–43% dalam kelimpahan makroinvertebrata di sungai dataran tinggi.

Tabel 4.4. Hasil korelasi keanekaragaman makrozoobentos dengan parameter fisika-kimia air

| Spesimen | Suhu | pH | Arus | DO | COD | TDS |
|----------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0.89888 | 0 | -0.04755 | -0.88832 | 0.95013 | -0.19482 |
| 2 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 3 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 4 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 5 | -0.55442 | 0 | 0.54561 | 0.99863 | -0.66245 | -0.32733 |
| 6 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 7 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 8 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 9 | -0.99964 | 0 | -0.37015 | 0.61859 | -0.994 | 0.58332 |
| 10 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 11 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |

| | | | | | | |
|----|----------|---|----------|----------|----------|----------|
| 12 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 13 | -0.55442 | 0 | 0.54561 | 0.99863 | -0.66245 | -0.32733 |
| 14 | 0.44353 | 0 | 0.99857 | 0.45392 | 0.31751 | -0.98198 |
| 15 | 0.44353 | 0 | 0.99857 | 0.45392 | 0.31751 | -0.98198 |
| 16 | 0.7017 | 0 | -0.3774 | -0.99054 | 0.79208 | 0.14286 |
| 17 | 0.83224 | 0 | 0.83804 | -0.05241 | 0.7491 | -0.94491 |
| 18 | 0.44353 | 0 | 0.99857 | 0.45392 | 0.31751 | -0.98198 |
| 19 | -0.55442 | 0 | 0.54561 | 0.99863 | -0.66245 | -0.32733 |
| 20 | -0.99795 | 0 | -0.45296 | 0.5447 | -0.97997 | 0.65465 |
| 21 | 0.55442 | 0 | -0.54561 | -0.99863 | 0.66245 | 0.32733 |
| 22 | 0.55442 | 0 | -0.54561 | -0.99863 | 0.66245 | 0.32733 |

Nilai korelasi pH dengan jumlah genus makrozoobentos tidak diketahui korelasinya. Hal ini dikarenakan nilai pH konstan di ketiga stasiun. Namun pH di ketiga stasiun masih mendukung kehidupan makrozoobentos. Menurut Herawati dkk. (2020), pH memiliki pengaruh yang besar terhadap kehidupan biota perairan, sehingga sering digunakan sebagai ukuran baik atau buruknya kualitas air sebagai lingkungan hidup. nilai pH yang mendukung kehidupan makrozoobentos khususnya dari filum Mollusca adalah 5,7 – 8,4. pH yang mencapai tingkat maksimum toleransi sebesar 8.8 menunjukkan faktor pendukung kehidupan makrozoobentos yang rendah.

Kecepatan arus memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus ke-14, 15, dan 18. Beberapa genus tersebut adalah *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, dan *Potamonautes*. Nilai korelasi sebesar 0.99857 menunjukkan adanya kaitan yang sangat erat (0,80-1,000). Korelasi positif artinya kecepatan arus berbanding lurus dengan keberadaan beberapa genus tersebut. Menurut Hussain & Pandit (2012), arus adalah karakteristik paling penting dari air yang mengalir. Banyak komunitas bentik berbeda dari kerabatnya di air yang tenang dalam adaptasinya terhadap air yang mengalir secara konstan. Hewan-hewan pegunungan sungai dapat

dikodifikasikan sejumlah karakteristik anatomisnya (bentuk tubuh yang rata di bagian dorsoventral, organ perekat, atau cakar khusus) yang dianggap sebagai adaptasi terhadap kehidupan di perairan yang deras.

Konsentrasi DO memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus ke-5, 13, 19, 21, dan 22. Beberapa genus tersebut adalah *Hirudo*, *Chrysophilus*, *Platycnemis*, *Zygonyx*, dan *Elophila*. Nilai korelasi sebesar ± 0.99863 menunjukkan adanya kaitan yang sangat erat (0,80-1,000). Korelasi positif artinya konsentrasi DO berbanding lurus dengan keberadaan *Hirudo*, *Chrysophilus*, dan *Platycnemis*. Sedangkan korelasi negatif artinya konsentrasi DO berbanding terbalik dengan keberadaan *Zygonyx*, dan *Elophila*. Adanya perbedaan arah korelasi tersebut sama halnya menurut Croijmans dkk. (2021), bahwa oksigen terlarut berkorelasi positif dengan kekayaan makroinvertebrata dalam 3 dari 14 studi, dan berkorelasi negatif dalam 3 studi lainnya. Penelitian fisiologis menunjukkan tentang ketahanan panas makroinvertebrata akuatik dalam sistem teroksigenasi yang berbeda. Dua spesies lalat capung yang bernapas dengan insang dapat menahan suhu yang lebih tinggi ketika ditempatkan di perairan hiperoksik, sedangkan suhu yang lebih rendah sudah mematikan di perairan hipoksia. Perbedaan konsentrasi oksigen secara tidak langsung dipengaruhi oleh perbedaan ketinggian dalam tekanan oksigen.

Konsentrasi COD memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus ke-9, yakni *Heptagenia*. Nilai korelasi sebesar -0.994 menunjukkan adanya kaitan yang sangat erat (0,80-1,000). Korelasi negatif artinya konsentrasi COD berbanding terbalik dengan keberadaan *Heptagenia*. Hasil tersebut sesuai dengan pengamatan

Custodio dkk. (2018) bahwa korelasi variabel COD dengan kelimpahan makroinvertebrata bentik adalah negatif dan signifikansi sangat nyata ($p < 0,01$).

TDS memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus ke-14, 15, dan 18. Beberapa genus tersebut adalah *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, dan *Potamonautes*. Nilai korelasi sebesar -0.98198 menunjukkan adanya kaitan yang sangat erat (0,80-1,000). Korelasi negatif artinya konsentrasi TDS berbanding terbalik dengan keberadaan beberapa genus tersebut. Menurut Olson & Hawkins (2017), distribusi invertebrata air tawar banyak dikaitkan dengan konsentrasi TDS dalam aliran air, biasanya diukur sebagai konduktivitas listrik (EC). Pola ini mungkin disebabkan oleh pengaturan ion dan keseimbangan air, yang dengan demikian dapat mempengaruhi keadaan invertebrata. Beberapa studi lapangan telah mengaitkan hilangnya keanekaragaman hayati dengan peningkatan TDS yang disebabkan oleh aktivitas manusia, terutama di sungai dengan konduktivitas alami yang rendah. Peningkatan aliran konduktivitas di atas 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dapat mengakibatkan eliminasi 5% taksa makroinvertebrata sungai.

4. 5 Keanekaragaman biota perairan dalam integrasi Islam

Pentingnya air sebagai sumber daya alam vital dalam kehidupan manusia dan organisme lainnya di muka bumi secara implisit telah dikemukakan dalam Al-Qur'an surah al-Anbiya ayat 30 berikut :

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^ط وَجَعَلْنَا مِنَ
الْمَاءِ كُلِّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya :

“Dan Apakah orang-orang yang kafir tidak melihat bahwa langit dan bumi itu dahulu keduanya adalah suatu yang padu, lalu Kami pisahkan keduanya. dan

"Kami ciptakan dari air seluruh sesuatu yang hidup. Maka Mengapa mereka tidak juga beriman?" (QS: Al-Anbiya [21]: 30)

Secara umum, ayat tersebut menjelaskan tentang semua proses penciptaan langit dan bumi, serta air sebagai asal kehidupan. Secara tersirat menurut Tafsir Al-Misbah dalam Shihab (2002) diartikan dengan *Dan Kami jadikan dari air yang tercurah dari langit, yang terdapat di dalam bumi dan yang terpancar dalam bentuk sperma segala sesuatu hidup*. Ada yang memahaminya sebagai segala yang hidup memerlukan air atau pemeliharaan seluruh kehidupan adalah dengan air, atau Kami jadikan dari cairan yang terpancar dari *shulbi* (sperma) segala yang hidup yakni dari jenis binatang.

Berdasarkan Aminullah (2017), berbagai penafsiran mengenai ayat ini meyakinkan bahwa air sangat diperlukan. Harus diperhatikan sebagai komponen yang sangat penting, maka pemakaian air harus dapat membawa kegunaan yang sesuai dengan apa yang dibutuhkan. Proses hubungan ini dapat diartikan sebagai interaksi, mengingat perilaku pemakaian air sesuai dengan kepentingannya adalah bentuk interaksi yang tepat dalam menghubungkan manusia dengan air. Jadi, dapat diambil kesimpulan bahwa air merupakan komponen esensial, karena jika tidak ada air, keberlangsungan hidup tidak mampu dipertahankan, seperti yang termaksud dalam kandungan surah al-Anbiya` ayat 30.

Adapun keanekaragaman makrozoobentos dan beberapa parameter fisika kimia sebagai indikator perairan telah menunjukkan adanya perubahan kualitas sungai. Kegiatan manusia di sepanjang aliran sungai telah memberikan dampak, baik yang secara langsung berpotensi merusak ekosistem perairan. Kekhawatiran akan rusaknya ekosistem sebagai hasil aktivitas manusia telah secara tersirat disebutkan pada Al-Qur'an surat al-A'raf ayat 56 berikut :

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

Artinya :

“ dan janganlah kamu melakukan kerusakan di muka bumi, setelah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.” (QS: Al-A’raf [7]: 56)

Tafsir Ibnu Al-Misbah dalam Shihab (2002) menyatakan: *dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah perbaikannya yang dilakukan oleh Allah dan atau siapapun.* Ayat ini melarang pengerusakan di bumi sebagai salah satu bentuk pelampauan batas. Alam raya telah diciptakan Allah Allah Subhanahu Wata’ala dalam keadaan baik, bahkan memerintahkan hamba-hamba-Nya untuk memperbaikinya. Salah satu bentuk perbaikan yang dilakukan Allah, adalah dengan mengutus para nabi untuk meluruskan kehidupan masyarakat yang kacau Merusak setelah diperbaiki jauh lebih buruk daripada merusaknya sebelum diperbaiki, atau pada saat telah buruk. Oleh karenanya, ayat ini secara tegas menggarisbawahi larangan tersebut, walaupun tentunya memperparah kerusakan atau merusak yang baik juga amat tercela. Penjelasan ayat tersebut dalam konteks ekologi menurut Mustakim (2017), bahwa adanya larangan untuk merusak lingkungan, sebagai salah satu perilaku yang melampaui batas. Alam semesta telah dijadikan Allah Subhanahu Wata’ala dengan kondisi harmonis, padu, dan mencukupi keperluan hidup makhluk-Nya. Lalu umat manusia diperintahkan untuk senantiasa memperbaikinya.

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 kekhalfahan 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,

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Spesimen yang didapatkan 354 ekor terdiri dari 22 genus, yaitu :
Hydropsyche, *Atherix*, *Limnophora*, *Ecnomus*, *Hirudo*, *Rhyacophila*,
Glossiphonia, *Cordulegaster*, *Heptagenia*, *Caridina*, *Caenis*, *Chrysops*,
Chrysopilus, *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, *Perlodes*, *Calopteryx*,
Potamonautes, *Platycnemis*, *Baetis*, *Zygonyx*, dan *Elophila*.
2. Nilai indeks keanekaragaman pada Kali Jarak secara keseluruhan 1,185 (sedang), stasiun 1 = 1,902 (sedang), stasiun 2 = 1,130 (sedang), dan stasiun 3 = 0,523 (rendah). Nilai indeks dominansi keseluruhan stasiun = 0,522 (sedang), stasiun 1 = 0,250 (rendah), stasiun 2 = 0,516 (sedang), dan stasiun 3 = 0,800 (tinggi).
3. Nilai suhu dan pH air di seluruh stasiun memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021. Kecepatan arus di seluruh stasiun tergolong cepat. Nilai DO stasiun 1 dan 2 memenuhi baku mutu kelas I, sedangkan stasiun 3 memenuhi baku mutu kelas II. Nilai COD stasiun 1 memenuhi baku mutu kelas II, sedangkan stasiun 2 dan 3 memenuhi baku mutu kelas III. Nilai TDS pada seluruh stasiun memenuhi baku mutu kelas I.
4. Suhu berkorelasi paling kuat dengan *Heptagenia* (arah negatif). Nilai korelasi pH dengan makrozoobentos tidak diketahui korelasinya. Kecepatan arus berkorelasi paling kuat dengan *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, dan *Potamonautes* (arah positif). DO berkorelasi paling kuat dengan *Hirudo*,

Chrysophilus, dan *Platycnemis* (arah positif) serta *Zygonyx* dan *Elophila* (arah negatif). COD berkorelasi paling kuat dengan *Heptagenia* (arah negatif). TDS berkorelasi paling kuat dengan *Potamopyrgus*, *Heliogomphus*, dan *Potamonautes* (arah negatif).

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan ulangan sampel air bersamaan dengan ulangan pengambilan spesimen makrozoobentos agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
2. Perlu dilaksanakan penelitian serupa dengan musim yang berbeda untuk makrozoobentos dengan hidup menahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal. 2018. Studi Keanekaragaman dan Struktur Komunitas Perifiton di Perairan Sungai Coban Rondo Malang. *G-Tech Jurnal Teknologi Terapan*. 1(2).
- Aisyah, S., Soedarso, J., Satya, A. , & Syawal, M. 2020. Relationship between the surface sediment substrate characteristic with the abundance of macrozoobenthos in River Ranggeh, West of Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 535.
- al-Kholidi, Shalah Abdul Fattah. 2017. *Mudah Tafsir Ibnu Katsir: Shahih, Sistematis, lengkap*. Maghfirah Pustaka, Jakarta.
- Aminullah, Muhammad. 2017. *Interaksi Manusia dengan Air dalam Perspektif AlQuran (Tinjauan Alamtologi Dalam Komunikasi)*. Pascasarjana Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Medan. Disertasi.
- Andilas, D. D., S. Wijaya, R. Setia wan, & A. Juniwati. 2020. Pemetaan Potensi Wisata dan Perencanaan Pengembangan Desa Jarak Kec. Wonosalam, Kab. Jombang. *Jurnal Ilmiah Pariwisata*.25(3).
- Anisafitri, J., Khairuddin, & D. A. C.. 2020. Analisis Total Coliform sebagai Indikator Pencemaran Air pada Sungai Unus Lombok. *J. Pijar MIPA*. 15(3).
- Arfiati, D., E. Y. Herawati, N. R. Buwono dkk., 2019. Struktur komunitas makrozoobentos pada ekosistem lamun di Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research* 3(1).
- Arnop, O., Budiyanto, & Rustama. 2019. Kajian Evaluasi Mutu Sungai Nelas dengan Metode Storet dan Indeks Pencemaran. *NATURALIS – Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8(1).
- Arsyad, Rukmana, D., Salman, D. and Alimuddin, I. 2020. Impact of sand mining on the changes of morphological and physical dynamics in Sa'dang River, Pinrang District, Indonesia. *J. Degrade. Min. Land Manage*. 8(1): 2451-2460
- Asmawati, H., Haeruddin, H., & Sulardiono, B. 2020. Analisis Status Mutu Air Sungai Siangker Berdasarkan Indeks Kualitas Air. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 8(4):275-282.
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. 2020. KBBI Daring. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Diakses dari <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/kali> pada tanggal 3 Maret 2021.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang. 2019. *Nama Panjang dan Debit Air Sungai di Kabupaten Jombang, 2019*. Diakses dari <https://jombangkab.bps.go.id/statictable/2020/03/03/5407/nama-panjang-dan-debit-air-sungai-di-kabupaten-jombang-2019.html> pada tanggal 27 Februari 2021.
- Bhadula, S. 2014. Impact of Touristic Activities on Water Quality of Sahashtradhara Stream, Dehradun. *International Journal of ChemTech Research*. 6. 213-221.

- Česonienė, L., Dapkiene, M., & Sileikiene, D. 2019. The impact of livestock farming activity on the quality of surface water. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(2): 32678–32686.
- Chazanah, N., Sudjono, P., Hasby, F., & Suantika, G. 2017. Macrozoobentos Distribution as a Bioindicator of Water Quality in the Upstream of the Citarum River. *Journal of Ecological Engineering*. 21(3):10–17.
- Cristina, E. M. 2019. *Importance of Fresh Water for Livestock. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier, New York.
- Croijmans, L., De Jong, J. F., & Prins, H. H. T. 2021. Oxygen is a better predictor of macroinvertebrate richness than temperature—a systematic review. *Environ. Res. Lett.* 16(2).
- Cumberlidge, N., Klaus, S., Meyer, K. S., & Koppin, J. C. 2015. New collections of freshwater crabs from northern Madagascar, with the description of a new species of Foza Reed & Cumberlidge, 2006 (Brachyura, Potamonautidae), and comments on their conservation status. *European Journal of Taxonomy*. 109: 1–15.
- Custodio, M., Chanamé, F., Pizarro, S., & Cruz, D. 2018. Quality of the aquatic environment and diversity of benthic macroinvertebrates of high Andean wetlands of the Junín region, Peru. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 44(3): 195–202.
- Daniels, S., Busschau, T., & Cumberlidge, N. 2019. Two new species of freshwater crabs of the genus *Potamonautes* MacLeay, 1838 (Decapoda: Brachyura: Potamonautidae) from the forests of KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Crustacean Biology*. 39: 1-10.
- Desinawati, D., Adi, W., & Utami, E. 2018. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Sungai Pakil Kabupaten Bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*. 12(2):54-63.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Jombang. 2021.
- Dirisu, A., J. O. Olomukoro, & T. O. T. Imoobe. 2018. Limnochemical Characterization of Lotic and Lentic Ecosystems in Agbede Wetlands. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 18: 585-595.
- 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.
- Dobson, Michael. 2013. Family-level keys to freshwater fly (Diptera) larvae: a brief review and a key to European families avoiding use of mouthpart characters. *Freshwater Reviews* 6(1): 1-32.
- Dwiyanto, D., Fahri, & Annawaty. 2018. Keanekaragaman Udang Air Tawar (Decapoda: Caridea) di Sungai Batusuya, Sulawesi Tengah, Indonesia. *Scripta Biologica*. 5(2): 65–71.
- Fachrul, M.F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fadholi, A. 2013. Studi Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara terhadap Operasi Penerbangan di Bandara H.A.S Hananjoeddin Buluh Tumbang Belitung Periode 1980-2010. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*. 3(1).
- Fagbayide, S. D., & F. O. Abulude. 2018. Effects of human activities on water quality assessment of Ala River in Akure, Ondo State, Nigeria. *World Journal of Environmental Research*. 8(1). 37-44

- Fatima, M., Ahmad U., Bhat B.N., Hassan T., & Parveen S. 2017. Benthos Composition and Abundance in Lentic Ecosystems. *J Fisheries Livest Prod.* 5(3).
- 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., A. Wismaningsih, & K. Irianto. 2019. Pengenalan Makroinvertebrata Bentik sebagai Bioindikator Pencemaran Perairan Sungai pada Siswa di Wonosalam, Mojokerto, Jawa Timur. *Agrokreatif.* 5(3): 210-215.
- Gawad, S.S.A. & E.I. Abdel-Aal. 2018. Impact of flood cycle on phytoplankton and the macro invertebrates associated with *Myriophyllum spicatum* in lake Nasser khors (Egypt). *J. Biol. Sci.*, 18: 51-67.
- Gerber, A. & M.J.M. Gabriel. 2002. *Aquatic Invertebrates of South African Rivers.* Institute of Water Quality Study. Pretoria.
- Ghosh, D. D. & Biswas, J. 2015. Macroinvertebrate diversity indices: A quantitative bioassessment of ecological health status of an oxbow lake in Eastern India. *J Adv Environ Health Res.* 3(2)
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Diakses dari <https://www.gbif.org> pada tanggal 28 Agustus 2021.
- 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).
- 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.
- Hecca, D., Hidayat, S., & Dewiyeti, S. 2017. Diversity of Water Environment Gastropoda in a Empayang-Kasap River in the District Lahat. *BIOVALENTIA: Biological Research Journal.* 3(1): 1-7.
- Heinrich & Hergt. 1999. *Atlas Oekologie.* DeutscheVerlag. Muenchen.
- Herawati, H., Patria,E., Hamdani, H., & Rizal, A. 2020. Macrozoobenthos diversity as a bioindicator for the pollution status of Citarik River, West Java. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 535
- Hussain, Q. & A. K. Pandit. 2012. Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture.* 4 (17): 114-123
- Ibrahim, A., Imroatushshoolikhah, I. Toruan, R., Akhdiana, I, & Lukman, L. 2020. Komunitas makroinvertebrata bentik di perairan Situ Cibuntu, Jawa Barat. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan.* 9(3): 501-509.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS) on-line database. Diakses dari <http://www.itis.gov/> pada tanggal 28 Agustus 2021.
- Irwan M., Alianto, & Y. T. Toja. 2017. Kondisi Fisik Kimia Air Sungai yang Bermuara di Teluk Sawaibu Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik.*1(1).
- Jacobus, L. M., Macadam, C. R., & Sartori, M. 2019. Mayflies (Ephemeroptera) and Their Contributions to Ecosystem Services. *Insects,* 10(6), 170.

- 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)
- Juwono, P. T. & A.Subagiyo. 2019. *Integrasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dengan Wilayah Pesisir*. Universitas Brawijaya Press, Malang
- Kiliç, Z. 2020. The importance of water and conscious use of water. *Int J Hydro*. 4(5):239-241.
- Koehnken, L., Rintoul, M., Goichot, M., Tickner, D., Loftus, A., & Acreman, M. 2020. Impacts of riverine sand mining on freshwater ecosystems: A review of the scientific evidence and guidance for future research. *River Research and Applications*. 36 (10):1-9.
- Krebs. C. J. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row Publishers. New York.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Kumar, A. & V. Vyas. 2014. Diversity of macrozoobenthos in the selected reach of River Narmada (Central Zone), India. *International Journal of Research in Biological Sciences*. 4(3).
- Latuamury, Bokiraiya. 2020. *Buku Ajar Manajemen DAS Pulau-Pulau Kecil*. Penerbit Deepublish. Yogyakarta.
- Likens, G. 2010. *River Ecosystem Ecology: A Global Perspective*. Elsevier Science, New York.
- Mahardika, Emanuel N.D., M. N. Kusuma, & Musarofa. 2020. Analisa Kualitas Air Sungai dengan Bioindikator Makroinvertebrata di Sungai Galengdowo. *Jurnal Envirotek*. 12(1).
- Malzacher, P. & Arnold Staniczek. 2018. A new mayfly genus of the subfamily Caeninae (Ephemeroptera: Caenidae) from Sumatra and two new *Caenis* species from Papua New Guinea. *Integrative Systematics*. 1: 35–45.
- Musa, D. 2014. Promoting Sustainable Use of Rivers for Tourism and Recreation in Nigeria. *Journal of Research in National Development*. 12 (2).
- Musselman, Robert. 2012. *Sampling procedure for lake or stream surface water chemistry*. Rocky Mountain Research Station. Fort Collins
- Mustakim. 2017. Pendidikan Lingkungan Hidup dan Implementasinya dalam Pendidikan Islam. *Journal of Islamic Education (JIE)*. 2(1).
- Mustaqim, A. 2013. Etika Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati dalam Perspektif al-Qur'an. *Hermeneutik : Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir*. 7(2): 389-406.
- Nangin, Sernando R., M. L. Langoy, & D. Y. Katili. 2015. Makrozoobentos sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unsrat Online*. 4(2).
- Ngiam, R. W. J. 2010. *Heliogomphus cf. retroflexus* Ris, 1912, (Odonata: Anisoptera: Gomphidae), A Possible New Record for Singapore. *Nature in Singapore*. 3: 221–225.
- Nisa, Zahra Zainun. 2017. Konsep Pengelolaan Air dalam Islam. *Jurnal Penelitian*. 14(1).
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Terjemahan T. Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ogunbode, T. & I. Ifabiyi. 2017. Domestic Water Utilization and Its Determinants in the Rural Areas of Oyo State, Nigeria Using Multivariate Analysis. *Asian Research Journal of Arts & Social Sciences*. 3(3): 1-13.

- Oktarina, A. & T.S. Syamsudin. 2017. Komunitas makrozoobentos di ekosistem lotik kawasan kampus Institut Teknologi Bandung, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 3(2): 175-182
- Olson, J.R. & C.P. Hawkins. 2017. Effects of total dissolved solids on growth and mortality predict distributions of stream macroinvertebrates. *Freshw Biol*. 62: 779-791
- Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda R. 2011. *Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain*. Springer Science. New York.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 61 Tahun 2010 tentang Penetapan Kelas Air pada Air Sungai.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Pitoyo, P. N. P. dkk. 2016. Kinerja Pengelolaan Limbah Hotel Peserta Proper dan Non Proper di Kabupaten Badung, Provinsi Bali. *Ecotrophic*. 10(1).
- Prambudy, H., Supriyatin, T., & Setiawan, F. 2019. The testing of Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) of river water in Cipager Cirebon. *Journal of Physics: Conference Series*. 1360.
- Pratiwi, R. 2001. The Ecology of Burrowing Decapods (Crustacea). *Oseana*. 26(4): 25-32.
- 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.
- 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.
- Santos, C. M. D., & Carmo, D. D. D. 2016. Family Rhagionidae. *Zootaxa*. 4122(1): 246.
- Satrya, D. G., T. S. Kaihatu, & L. Pranata. 2018. Pemberdayaan Masyarakat untuk Menciptakan Desa Ekowisata di Wonosalam, Kabupaten Jombang. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*. 3(2): 179-184.
- Sharma, R., Kumar A., Vyas V. 2013. Diversity of macrozoobenthos in Morand River-A tributary of Ganjal River in Narmada Basin. *Int J Adv Fish Aquat Sci*. 1(1).
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al Mishbah : pesan, kesan dan keserasian Al-Qur'an*. Lentera Hati. Jakarta.
- Suhling, F. & A. Martens. 2007. *Dragonflies and Damselflies of Namibia*. Gamsberg Macmillan Puublisher. Windhoek.
- Sukmawati, N. M. H. & Ni Wayan Rusni. 2019. Assessment of Water Quality Index of Beratan Lake Using NSF WQI Indicator. *WMJ (Warmadewa Medical Journal)*. 4(2):39-43.
- 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.

- Sulistia, S., & A. C. Septisya. 2019. Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *JRL*. 12(1).
- Sundermann, A., S.Lohse, L.A. Beck, & P. Haase. 2007. Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany. *Int. J. Lim.* 43(1): 61-74.
- Suratno, Susilo, V. E., Doviyana, V. & Mujiono, N. 2020. The diversity of gastropoda in Meru Betiri National Park. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1465 (012011)
- Susanto, G. H. 2015. *Pencemaran Lingkungan dan Dampaknya*. Ardana Media. Yogyakarta.
- Thukral, A., Bhardwaj, R., Kumar, V. & Sharma, A.. 2019. New indices regarding the dominance and diversity of communities, derived from sample variance and standard deviation. *Heliyon*. 5(10).
- Tim BSE. 2014. *Pengelolaan Kualitas Air*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Tis'in, Musayyadah. 2017. Keanekaragaman Biota Perairan Sungai (Plankton) di Lapangan Gas Senoro Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah. *J. Agrisains* 18(2).
- Tjokrokusumo, S. Wagiman. 2008. Pengaruh Sedimentasi dan Turbidity pada Jejaring Makanan Ekosistem Air Mengalir (Lotik). *J. Hidrosfir Indonesia*. 3(3).
- Ubaid, Ahmad Robitul. 2019. *Keanekaragaman Makrozoobentos di Perairan Sungai Amprong Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Skripsi.
- Vallenduuk, H. J. & H. M. J. Cuppen. 2004. The aquatic living caterpillars (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae) of Central Europe. A key to the larvae and autecology. *Lauterbornia*. 49: 1-17.
- Wahyuni, Dwi & Lina Susilowati. 2020. Dampak Pengembangan Desa Wisata Terhadap Perekonomian, Sosial Masyarakat Desa Wonomerto Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang. *Jurnal Manajemen dan Bisnis Dewantara*. 3(1).
- Waringer, J. & Graf Wolfram. 2013. Key and bibliography of the genera of European Trichoptera larvae. *Zootaxa*. 3640(2): 101-151.
- Xu, S., Lucas, B., & Chou, T. 2020. Diversity in biology: definitions, quantification and models. *Phys. Biol.* 17.
- Yanygina, L. V. 2017. Macrozoobenthos as an Indicator of the Ecological State of Mountain Watercourses. *Russian Journal of Ecology*. 48(2).
- Yunanda, Rifki. 2018. *Fauna dalam Perspektif Al-Qur'an (Studi Tafsir Ilmi Kemenag LIPI)*. Fakultas Ushuluddin dan Studi Agama, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Skripsi.

LAMPIRAN**LAMPIRAN 1. ALAT DAN BAHAN**

Ayakan 0,5x0,5 mm



pH meter



Termometer & TDSmeter



Saringan 1x1 mm



Icepak



Meteran



Pipet



Penggaris

LAMPIRAN 2. PERHITUNGAN EXCEL

Stasiun 1

| Genus | Jumlah (Ni) | pi | ln pi | pi ln pi | pi ² |
|----------------------|-------------|------------|-------------|--------------------|-------------------|
| <i>Hydropsyche</i> | 37 | 0.45679012 | -0.78353124 | -0.35790933 | 0.208657217 |
| <i>Atherix</i> | 5 | 0.0617284 | -2.78501124 | -0.17191427 | 0.003810395 |
| <i>Limnophora</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Ecnomus</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Hirudo</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Rhyacophila</i> | 7 | 0.08641975 | -2.44853901 | -0.21160214 | 0.007468374 |
| <i>Glossiphonia</i> | 3 | 0.03703704 | -3.29583687 | -0.12206803 | 0.001371742 |
| <i>Cordulegaster</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Heptagenia</i> | 11 | 0.13580247 | -1.99655388 | -0.27113695 | 0.018442311 |
| <i>Caridina</i> | 3 | 0.03703704 | -3.29583687 | -0.12206803 | 0.001371742 |
| <i>Caenis</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Chrysops</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Chrysopilus</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Platycnemis</i> | 1 | 0.01234568 | -4.39444915 | -0.05425246 | 0.000152416 |
| <i>Baetis</i> | 7 | 0.08641975 | -2.44853901 | -0.21160214 | 0.007468374 |
| Σ | 81 | 1 | 1 | -1.90232056 | 0.24980948 |
| | | | | H' = 1.902 | D = 0.250 |

Stasiun 2

| Genus | Jumlah (Ni) | pi | ln pi | pi ln pi | pi ² |
|---------------------|-------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|
| <i>Hydropsyche</i> | 86 | 0.699187 | -0.3578371 | -0.25019502 | 0.48886245 |
| <i>Hirudo</i> | 1 | 0.0081301 | -4.8121844 | -0.03912345 | 6.60982E-05 |
| <i>Rhyacophila</i> | 1 | 0.0081301 | -4.8121844 | -0.03912345 | 6.60982E-05 |
| <i>Heptagenia</i> | 2 | 0.0162602 | -4.1190372 | -0.06697621 | 0.000264393 |
| <i>Chrysopilus</i> | 1 | 0.0081301 | -4.8121844 | -0.03912345 | 6.60982E-05 |
| <i>Potamopyrgus</i> | 19 | 0.1544715 | -1.8677454 | -0.28851351 | 0.023861458 |
| <i>Heliogomphus</i> | 4 | 0.0325203 | -3.42589 | -0.11141106 | 0.001057572 |
| <i>Perlodes</i> | 1 | 0.0081301 | -4.8121844 | -0.03912345 | 6.60982E-05 |
| <i>Calopteryx</i> | 2 | 0.0162602 | -4.1190372 | -0.06697621 | 0.000264393 |
| <i>Potamonautes</i> | 1 | 0.0081301 | -4.8121844 | -0.03912345 | 6.60982E-05 |
| <i>Platycnemis</i> | 1 | 0.0081301 | -4.8121844 | -0.03912345 | 6.60982E-05 |
| <i>Baetis</i> | 4 | 0.0325203 | -3.42589 | -0.11141106 | 0.001057572 |
| Σ | 123 | 1 | 1 | -1.13022377 | 0.515764426 |
| | | | | H' = 1.130 | D = 0.516 |

Stasiun 3

| Genus | Jumlah (Ni) | pi | ln pi | pi ln pi | pi² |
|--------------------|--------------------|-----------|--------------|--------------------|-----------------------|
| <i>Hydropsyche</i> | 134 | 0.8933333 | -0.1127955 | -0.10076397 | 0.798044444 |
| <i>Rhyacophila</i> | 1 | 0.0066667 | -5.0106353 | -0.03340424 | 4.44444E-05 |
| <i>Heptagenia</i> | 1 | 0.0066667 | -5.0106353 | -0.03340424 | 4.44444E-05 |
| <i>Perlodes</i> | 5 | 0.0333333 | -3.4011974 | -0.11337325 | 0.001111111 |
| <i>Calopteryx</i> | 1 | 0.0066667 | -5.0106353 | -0.03340424 | 4.44444E-05 |
| <i>Baetis</i> | 4 | 0.0266667 | -3.6243409 | -0.09664909 | 0.000711111 |
| <i>Zygonyx</i> | 1 | 0.0066667 | -5.0106353 | -0.03340424 | 4.44444E-05 |
| <i>Elophila</i> | 3 | 0.02 | -3.912023 | -0.07824046 | 0.0004 |
| Σ | 150 | 1 | | -0.52264371 | 0.800444444 |
| | | | | H' = 0.523 | D = 0.800 |

LAMPIRAN 3. HASIL UJI LAB AIR



JASA TIRTA I

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



KAN
 Laboratorium Penguji
 LP - 227 - IDN

Nomor : 6033 S/LL.MLG/VI/2021

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : Stasiun 1
 Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 02 - 16 Juni 2021
 Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

| No. | Parameter | Satuan | Hasil | Standard Baku Mutu *) | Metode Analisa | Keterangan |
|-----|------------------|----------------------|-------|-----------------------|--------------------|------------|
| 1 | BOD | mg/L | 0.12 | - | APHA 5210 B-2017 | |
| 2 | COD (Spektra) | mg/L | 22.68 | - | SNI 6989 2.2009 | |
| 3 | Oksigen terlarut | mg O ₂ /L | 7.2 | - | APHA 4500-O-G-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 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

|  | <p>LABORATORIUM LINGKUNGAN Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp (0341) 551971, Fax (0341) 551976 Desa Lengkong Kec. Mojojayan - Mojojerto, Indonesia Telp. (0321) 331860 E-mail : labecitonunjastirta1@yahoo.co.id</p> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------|-----------------------|---------------------------------|------------|-----|-----------|--------|-------|-----------------------|----------------|------------|---|-----|------|------|---|------------------|--|---|--------------|------|-------|---|-----------------|--|---|--------------|----------------------|-----|---|---------------------------------|--|
| <p>Nomor : 6032 S/LL MLG/VI/2021</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Halaman 2 dari 2 Page 2 of 2</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Uraian Contoh Uji <i>Description of Sample</i></p> <p>Metode Pengambilan Contoh Uji <i>Sample Method</i></p> <p>Tempat Analisa <i>Place of Analysis</i></p> <p>Tanggal Analisa <i>Testing Date(s)</i></p> | <p>Stasiun 2</p> <p>-</p> <p>Laboratorium Lingkungan PJT 1 Malang</p> <p>02 - 16 Juni 2021</p> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>HASIL ANALISA <i>Result of Analysis</i></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 25%;">Parameter</th> <th style="width: 10%;">Satuan</th> <th style="width: 10%;">Hasil</th> <th style="width: 10%;">Standard Baku (MnL *)</th> <th style="width: 15%;">Metode Analisa</th> <th style="width: 25%;">Keterangan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>BOD</td> <td>mg/L</td> <td>9,38</td> <td>-</td> <td>APHA 5210.D-2002</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>COD (Spesim)</td> <td>mg/L</td> <td>26,76</td> <td>-</td> <td>SNI 6592.2-2007</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>okup. Nitrat</td> <td>mg O₂/L</td> <td>0,1</td> <td>-</td> <td>APHA 4500-NO₃-2005</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | No. | Parameter | Satuan | Hasil | Standard Baku (MnL *) | Metode Analisa | Keterangan | 1 | BOD | mg/L | 9,38 | - | APHA 5210.D-2002 | | 2 | COD (Spesim) | mg/L | 26,76 | - | SNI 6592.2-2007 | | 3 | okup. Nitrat | mg O ₂ /L | 0,1 | - | APHA 4500-NO ₃ -2005 | |
| No. | Parameter | Satuan | Hasil | Standard Baku (MnL *) | Metode Analisa | Keterangan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | BOD | mg/L | 9,38 | - | APHA 5210.D-2002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | COD (Spesim) | mg/L | 26,76 | - | SNI 6592.2-2007 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | okup. Nitrat | mg O ₂ /L | 0,1 | - | APHA 4500-NO ₃ -2005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>*) Standard Baku MnL sesuai dengan <i>Threshold Value fully adopted from</i></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><small>Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh yang atas dan di bawah cap perusahaan dan akan menjadi tidak valid jika dipotong dari sertifikat ini tanpa cap dan Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1 Sertifikat atau laporan ini tidak berlaku apabila ada perubahan Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dan harus selalu bersama 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 of this certificate or report is can't separate from all pages</small></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



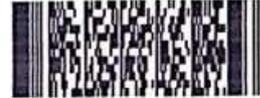
LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id



Nomor : 6034 S/LL MLG/VI/2021

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : Stasiun 3
 Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT 1 Malang
 Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 02 - 16 Juni 2021
 Testing Date(s)



HASIL ANALISA
 Result of Analysis

| No. | Parameter | Satuan | Hasil | Standard Baku Mutu *) | Metode Analisa | Keterangan |
|-----|------------------|----------------------|-------|-----------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | BOD | mg/L | 8.55 | - | APHA 5210-B-2017 | |
| 2 | COD (Spektro) | mg/L | 27.67 | - | SNI 6989.2.2006 | |
| 3 | Oksigen terlarut | mg O ₂ /L | 8.5 | - | APHA 4500-O ₂ -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 ditandatangani 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 separate from all pages

LAMPIRAN 4. BUKTI KONSULTASI



30KEMENTERIAN AGAMA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Hernanda Afra Haniyyah
 NIM : 17620044
 Program Studi : S1 Biologi
 Semester : Genap TA 2020/2021
 Pembimbing : Dr. Dwi Suheriyanto, M.P.
 Judul Skripsi : Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Jarak Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang

| No | Tanggal | Uraian Materi Konsultasi | Ttd. Pembimbing |
|-----|-----------|--|-----------------|
| 1. | 9/2/2021 | Gambaran umum skripsi | |
| 2. | 12/2/2021 | Konsep penelitian dan sumber literatur | |
| 3. | 24/2/2021 | Progres proposal | |
| 4. | 3/3/2021 | Latihan seminar proposal | |
| 5. | 30/4/2021 | Metode sampling | |
| 6. | 5/6/2021 | Progres penelitian | |
| 7. | 30/6/2021 | Perhitungan korelasi | |
| 8. | 8/8/2021 | Laporan hasil penelitian | |
| 9. | 29/8/2021 | Latihan seminar hasil | |
| 10. | | | |
| | | | |
| | | | |

Pembimbing Skripsi,

Dr. Dwi Suheriyanto, M.P.
 NIP.19740325 200312 1 001



Malang, 29 Agustus 2021
 Ketua Program Studi,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
 NIP.197410182003122002

