KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI SUMBER WAYUH KOTA BLITAR

SKRIPSI

Oleh:
AVICENNA AL ZAHRAWI
NIM. 17620056

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

KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI SUMBER WAYUH KOTA BLITAR

SKRIPSI

Oleh:
AVICENNA AL ZAHRAWI
NIM. 17620056

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 SUMBER WAYUH KOTA BLITAR

SKRIPSI

Oleh:
Avicenna Al Zahrawi
NIM. 17620056

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Tanggal: 6 Desember 2021

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Dr. Bayyinatul M., M.Si	Mujahidin Ahmad, M.Sc.
NIP. 19710919 200003 2 001	NIP.19860512 201903 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

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

KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI KALI SUMBER WAYUH KOTA BLITAR

SKRIPSI

Oleh:
Avicenna Al Zahrawi
NIM. 17620056

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

Ketua Penguji	Dr. Dwi Suheriyanto, M.P NIP. 19740325 200312 1 001	
Anggota Penguji 1	Bayu Agung Prahardika, M.Si NIP. 19900807 201903 1 011	
Anggota Penguji 2	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul M., M.Si NIP. 19710919 200003 2 001	
Anggota Penguji 3	Mujahidin Ahmad, M.Sc NIP. 19860512 201903 1 002	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, kupanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan nikmat sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:
Kedua orang tua saya, Bapak Zaenal Fanani dan Ibu Isro'un Nasuroh yang telah memberi dukungan dan do'a yang tak terhenti, terimakasih telah bersabar dalam memenuhi hak saya untuk belajar hingga mendapat gelar sarjana ini. dan segenap keluarga besar yang selalu 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 KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Avicenna Al Zahrawi
NIM	: 17620056
Program Studi	: Biologi
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Penelitian	: Keanekaragaman Makrozoobenthos di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar

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, 27 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,

Avicenna Al Zahrawi

NIM. 17620056

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

لَا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللهِ العَلِيِّ العَظِيْمِ

"*Tiada daya dan upaya kecuali dengan kekuatan Allah SWT yang maha tinggi lagi maha agung*."

Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar

Avicenna Al Zahrawi, Bayyinatul Muchtaromah, Mujahidin Ahmad
Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Sungai adalah sistem air tawar yang vital dan rentan yang penting bagi kehidupan. Kali Sumber Wayuh digunakan sebagai tempat pembuangan limbah cair industri tahu. Makrozoobentos dianggap sebagai indikator untuk menilai kualitas ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indeks keanekaragaman dan dominansi makrozoobentos, nilai parameter fisika-kimia air, dan hubungan parameter fisika-kimia air dengan keanekaragaman makrozoobentos di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar. Pengambilan data menggunakan metode eksplorasi dengan 3 stasiun dan 3 ulangan. Identifikasi makrozoobentos secara morfologi hingga tingkat genus. Data dianalisis menggunakan PAST 4. Hasilnya ditemukan 17 genus. Nilai indeks keanekaragaman pada stasiun 1 (1,8986), stasiun 2 (1,4506), stasiun 3 (0,7599). Nilai indeks dominasi untuk stasiun 1 (0,1882), stasiun 2 (0,3096), stasiun 3 (0,6158). Nilai pH stasiun 1 dan 2 memenuhi baku mutu air sungai, tetapi tidak memenuhi baku mutu air sungai kelas 1. Nilai TDS memenuhi baku mutu air sungai kelas 1. Suhu memenuhi standar kualitas. Kecepatan aliran relatif lambat. Nilai BOD semua stasiun tidak memenuhi standar kualitas. Nilai COD stasiun 1 memenuhi baku mutu air sungai kelas 4, sedangkan stasiun 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu. Nilai DO untuk stasiun 1 memenuhi baku mutu air sungai kelas 3, untuk stasiun 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu. pH berkorelasi sedang (negatif) dengan Brachydeutera. TDS berkorelasi kuat (negatif) dengan Tubifex. Suhu memiliki korelasi yang sangat kuat (positif) dengan Psychoda. Kecepatan arus berkorelasi (negatif) sangat kuat dengan Psychoda. BOD berkorelasi kuat (positif) dengan Psychoda. COD memiliki korelasi negatif sangat kuat dengan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides,

Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan positif dengan Trichocera. DO berkorelasi sangat positif dengan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan berkorelasi negatif dengan Trichocera.

Kata Kunci: Air, Keanekaragaman, Makrozoobentos,

Diversity of Macrozoobenthos in the Sumber Wayuh River Blitar City

Avicenna Al Zahrawi, Bayyinatul Muchtaromah, Mujahidin Ahmad
Biology Program Study, Faculty of Science and Technology,
Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang

ABSTRACT

Rivers are vital and vulnerable freshwater systems that essential for life. The Sumber Wayuh River is used as tofu industrial liquid waste disposal site. Macrozoobenthos is considered as ecosystem quality indicator. This study aims to determine the diversity and dominance index of macrozoobenthos, water physico-chemical parameters value, and correlation between water physico-chemical parameters and macrozoobenthos diversity in the Sumber Wayuh River, Blitar City. Data retrieval using the exploration method with 3 stations and 3 replications. Identification of macrozoobenthos morphologically to the genus level. The data were analyzed using PAST 4. The results found 18 genera. Diversity index value at station 1 (1,8986), station 2 (1,4506), station 3 (0,7599). Dominance index value for station 1 (0,1882), station 2 (0,3096), station 3 (0,6158). The pH values of stations 1 and 2 complied the river water quality standards, but did not station 3. The TDS value complies the class 1 river water quality standard. The temperature complies the quality standard. Flow speed is relatively slow. BOD values of all stations do not comply the quality standards. The COD value of station 1 complies the class 4 river water quality standards, while stations 2 and 3 do not comply. The DO value for station 1 complies the class 3 river water quality standard, while stations 2 and 3 does not comply. pH is moderately (negatively) correlated with Brachydeutera. TDS correlated strongly (negatively) with Tubifex. Temperature has very strong (positive) correlation with Psychoda. Current velocity correlates (negatively) very strongly with Psychoda. BOD is strongly correlated (positively) with Psychoda. COD has very strong negative correlation with Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura and positive with Trichocera. DO correlated

very strongly positively with Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura and negatively correlated with Trichocera.
Keywords: Water, Diversity, Macrozoobenthos,

تنوع ماكروزوبنتوس في نهر سومبر ويوه ، بليتار

ابن سينا الزهراوي ، بينات المحترمة ، مجاهدين أحمد
قسم علم الأحياء ،كلية العلوم والتكنولوجيا ،الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج

الملخص

الأنهار هي أنظمة المياه العذبة الحيوية والضعيفة التي تعتبر ضرورية للحياة. وتعتبر ماكروزوبنتوس مؤشرا لتقييم النظام الإيكولوجي. وتهدف الدراسة إلى معرفة مؤشر التنوع والهيمنة على الماكروزوبنتوس، وقيمة المعلمات الفيزيائية والكيميائية للماء ، وعلاقة المعلمات الفيزيائية والكيميائية للماء بتنوع ماكروزوبنتوس في نهر سومبر ويوه ، مدينة بليتار. يستخدم استرجاع البيانات بطريقة البطريقة الإكتشاف مع 3 محطات و 3 تكرارات. تحديد من الناحية الشكلية للمكروزوبنتوس حتى مستوى الجنس. تم تحليل البيانات باستخدام .4 PAST ووجدت النتائج 17 جنساً. قيمة مؤشر التنوع في المحطة 1 (1,8986) ، المحطة 2 (1,4506) ، المحطة 3 (0,7599). قيم فهرس الهيمنة للمحطة 1 (0,1882)، المحطة 2 (0,3096)، المحطة 3 (0,6158). تتوافق قيم pHللمحطتين 1 و 2 مع معايير جودة مياه النهر ، ولكنها لاتكفي معايير جودة مياه الأنهار من الفئة 1. تتوافق قيمة TDS مع معايير جودة مياه الأنهار من الفئة 1. درجة الحرارة تتوافق مع معايير الجودة. معدل التدفق بطيء نسبيًا. لاتتوافق قيم BOD لجميع المحطات مع معايير الجودة. تتوافق قيمة COD للمحطة 1 مع معيار جودة مياه النهر للفئة 4 ، بينما لاتكفي المحطتان 2 و 3 معايير الجودة. تفي قيمة DO للمحطة 1 بمعايير جودة مياه الأنهار من الفئة 3 ، بالنسبة للمحطتين 2 و 3 فهي لاتكفي بمعايير الجودة. يرتبط الرقم الهيدروجيني بشكل معتدل (إيجابيًا) مع الزاعجة. ترتبط TDS ارتباطًا وثيقًا (سلبًا) بـ Tubifex. درجة الحرارة لها علاقة قوية (إيجابية) بعوض الزاعجة. السرعة الحالية مرتبطة (سلبًا) بقوة مع Psychoda. يرتبط BOD ارتباطًا وثيقًا (إيجابيًا) بـالزاعجة. كان لدى COD علاقة سلبية قوية جدًا مع Caridina و Parathelphusa و Crocothemis و Pluerocera و Melanoides و Anontome و Tarebia و Sulcospira و Corbicula و Ischnura وإيجابية مع Trichocera. ارتبط DO بشكل إيجابي للغاية مع Caridina و Parathelphusa و Crocothemis و Pluerocera و Melanoides و Anontome و Tarebia و Sulcospira و Corbicula و Ischnura وترتبط سلبًا مع Trichocera.

الكلمات الرئيسية: التنوع ، ماكروزوبنتوس ، المياه

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar". Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad ﷺ. Penyusunan Skripsi ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. H. Muhammad Zainuddin, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr.Eko Budi Minarno, M. Pd selaku dosen wali yang telah memberikan saran dan motivasi selama studi.
5. Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si selaku pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Mujahidin Ahmad, M. Sc. selaku pembimbing agama yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan terkait dengan integrasi Sains dan Islam dalam Skripsi.
7. Dr. Dwi Suheriyanto, M. P dan Bayu Agung Prahardika, M. Si selaku penguji skripsi.

Penulis sadar bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna. Namun penulis berharap bahwa tulisan ini dapat menjadi manfaat bagi penulis dan pembaca.

Malang, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN.....ii
HALAMAN PENGESAHAN.....iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN v
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .. vi
MOTTO..... vii
ABSTRAK viii
ABSTRACT.....x
الملخص xii
KATA PENGANTAR..... xiii
DAFTAR ISI xiv
DAFTAR GAMBAR..... xvi
DAFTAR TABEL..... xvii
DAFTAR LAMPIRAN..... xviii
BAB I PENDAHULUAN.....1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 7
1.3 Tujuan 7
1.4 Manfaat Penelitian..... 8
1.5 Batasan Masalah..... 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 10
2.1 Sungai 10
2.1.1 Definisi Sungai.....10
2.1.2 Bagian-Bagian Sungai.....12
2.1.3 Faktor Fisika Kimia Sungai.....14
2.1.4 Pencemaran Sungai 14
2.2 Kualitas air..... 16
2.3 Bioindikator..... 18
2.4 Keanekaragaman..... 19
2.5 Dominansi 20
2.6 Bentos 21
2.6.1 Makrozoobentos 22
2.6.2 Habitat makrozoobentos.....24
2.6.3 Klasifikasi Makrozoobentos 26
2.7 Profil Kali Sumber Wayuh 34
BAB III METODE PENELITIAN 36
3.1 Jenis Penelitian 36

3.2 Waktu dan Tempat 36
3.3 Alat dan Bahan 36
3.4 Prosedur penelitian 37
3.4.1 Studi Pendahuluan 37
3.4.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos dan Sampel Air 38
3.4.3 Identifikasi Makrozoobentos 39
3.4.4 Pengukuran Faktor Fisika Kimia Air 40
3.5 Analisis Data 40
3.5.1 Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener (H') 40
3.5.2 Indeks Dominansi Simpson 41
3.5.3 Analisis Korelasi Pearson 41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Hasil Identifikasi Spesimen Makrozoobentos 42
4.2 Indeks Keanekaragaman dan Dominansi Makrozoobentos 65
4.3 Parameter Fisika Kimia Air 69
4.4 Korelasi Keanekaragaman Makrozoobentos dengan Parameter Fisika Kimia 75
BAB V PENUTUP 79
5.1 Kesimpulan 79
5.2 Saran 80
DAFTAR PUSTAKA 81
LAMPIRAN 96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ephemeroptera. 28
Gambar 2. 2 Plecoptera 29
Gambar 2. 3 Trichoptera. 30
Gambar 2. 4 Coleoptera. 30
Gambar 2. 5 Odonata. 31
Gambar 2. 6 Gastropoda 32
Gambar 2. 7 Turbellaria. 32
Gambar 2. 8 Bivalvia 33
Gambar 2. 9 Lokasi Sumber mata air Kali Sumber Wayuh 34
Gambar 3. 1 Lokasi Pengamatan 38
Gambar 3. 2 Lokasi Stasiun Pengamatan. 38
Gambar 4. 1 Genus Chironomus 42
Gambar 4. 2 Genus Caridina 43
Gambar 4. 3 Genus Parathelphusa 44
Gambar 4. 4 Genus Tubifex 46
Gambar 4. 5 Genus Crocothemis 47
Gambar 4. 6 Genus Pluerocera 48
Gambar 4. 7 Genus Melanoides 49
Gambar 4. 8 Genus Anentome 51
Gambar 4. 9 Genus Tarebia 52
Gambar 4. 10 Genus Sulcospira 53
Gambar 4. 11 Genus Sulcospira 54
Gambar 4. 12 Genus Ischnura 55
Gambar 4. 13 Genus Brachydeutera 57
Gambar 4. 14 Genus Telmatoscopus 58
Gambar 4. 15 Genus Psychoda 59
Gambar 4. 16 Genus Eristalis 61
Gambar 4. 17 Genus Trichocera 62

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Deskripsi Staisun Pengamatan 37
Tabel 3. 2 Tabel Pengamatan Sampel..... 40
Tabel 4. 1 Jumlah Genus Makrozoobentos..... 64
Tabel 4. 2 Nilai Indeks Keanekaragaman dan Indeks Dominansi..... 65
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Parameter Fisika Kimia Air 70
Tabel 4. 5 Korelasi Keanekaragaman Makrozoobentos dengan Parameter Fisika Kimia 76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan 96
Lampiran 2. Kegiatan Sampling 97
Lampiran 3. Perhitungan 97
Lampiran 4. Uji T Keanekaragaman 98
Lampiran 5. Hasil Uji Lab 100
Lampiran 6. Lembar Konsultasi 103
Lampiran 7. Kartu Konsultasi Agama 103
Lampiran 8. Cek Plagiasi 105

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurunnya kualitas air dan semakin berkurangnya ketersediaan air disebabkan beberapa faktor salah satunya tidak lepas dari pengaruh kegiatan manusia sendiri (Sidabutar *et al.,* 2017). Hal ini telah disebutkan Allah SWT secara implisit dalam firman-Nya dalam surah Ar-Rum [30] ayat 41 sebagai berikut:

ظَهَرَ ٱلۡفَسَادُ فِي ٱلۡبَرِّ وَٱلۡبَحۡرِ بِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِي ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعۡضَ ٱلَّذِي عَمِلُواْ لَعَلَّهُمۡ يَرۡجِعُونَ ٤١

"*Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusi, supay Allah SWT merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)*." (QS: Ar-Rum [30]: 41)

Tafsir Al-Misbah menerangkan terkait ayat di atas bahwa Allah SWT menghendaki untuk menghukum manusia di dunia dengan perbuatan-perbuatan mereka, agar mereka bertobat dari kemaksiatan atas kedzaliman berbuat kerusakan terhadap lingkungan (Shihab, 2002). Kerusakan alam yang disebabkan oleh manusia akan dirasakan kembali dampaknya pada suatu saat. Banyak contoh bagaimana kerusakan yang diakibatkan oleh ulah manusia yang kemudian berbalik menjadi bencana. Sejalan dengan semakin banyaknya kerusakan di muka bumi yang mengakibatkan bencana manusia mulai sadar dan berupaya untuk menjaga lingkungan (Departemen Agama RI, 2010).

Kerusakan yang dimaksud dalam ayat tersebut adalah rusaknya keanekaragaman di daratan dan semakin tingginya

salinitas air laut, selain itu kerusakan juga merujuk kepada rusaknya sumber air. Rusaknya sumber air ini disebabkan oleh kegiatan masyarakat, kegiatan industri dan perkembangan teknologi (Hakim dan Munawwir, 2020). Tafsir Al Azhar menjeaskan terkait ayat diatas bahwa kemajuan teknologi membawa kemudahan bagi manusia dengan banyaknya pembangunan. Banyaknya pabrik-pabrik yang membuang limbah melalui aliran sungai menyebabkan meningkatnya polutan pada air sehingga banyak organisme-organisme yang mati. Allah SWT memperingatkan manusia untuk kembali kepada jalan yang benar dengan memperbaiki hubungan dengan diri dengan Tuhan, selalu memperhatikan efek negatif dari perbuatannya, dan senantiasa mencegah kerusakan di muka bumi (Amrullah, 1990).

Air diperlukan untuk semua makhluk hidup sebagai pengangkut zat-zat makanan dan merupakan sumber energi berbagai keperluan lainnya. Kebutuhan air wajar rata-rata manusia 60 *liter*/orang/hari. Masalah utama sumber daya air adalah kuantitas air yang tidak mampu memenuhi kebutuhan dan menurunnya kualitas air. Kegiatan industri dan kegiatan lain berdampak negatif terhadap sumber daya air, termasuk penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi mahluk hidup (Sasongko dkk., 2014).

Sungai adalah sistem air tawar vital dan rentan yang sangat penting untuk kelangsungan semua kehidupan. Sungai adalah saluran air yang memiliki kepentingan strategis di seluruh dunia, menyediakan sumber daya air utama untuk keperluan rumah tangga, industri, dan pertanian (Venkatesharaju *et al.,* 2010). Saat ini sebagian besar sungai tercemar parah akibat aktivitas

antropogenik dan pencemaran air menjadi masalah lingkungan yang krusial di seluruh dunia. Kualitas air yang rendah akibat pencemaran menurunkan ketersediaan air. Proses alami seperti pembusukan, erosi, dan banjir serta kegiatan antropogenik seperti urbanisasi, industri dan pertanian merupakan faktor penyebab pencemaran pada permukaan air (Ochir, 2011).

Sungai merupakan salah satu pemenuh kebutuhan sumber daya air bersih. Sungai termasuk jenis perairan mengalir (lotik) yang mengalir terus menerus ke arah tertentu dan umumnya berakhir ke laut. Kualitas air sungai dapat berubah dari waktu ke waktu. Aktivitas sekitar daerah aliran sungai yang tidak sama setiap bagian sungai menyebabkan kondisi yang berbeda-beda (Sutanto dan Purwasih, 2015). Sungai memiliki 3 bagian di antaranya adalah bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir (Gerber, 2002).

Kegiatan pemantauan kualitas air sungai penting dilakukan untuk mengendalikan, mengelola, dan melestarikan sumber daya alam yang penting tersebut. Kualitas ekosistem perairan tawar ditentukan dari sifat fisik, kimia dan biologi. Dengan demikian kegiatan pemantauan kualitas air umumnya ditentukan oleh sifat fisik, kimia, dan biologi (Wimbaningrum dkk., 2016). Salah satu cara pemantauan kualitas air dengan biologi dengan memanfaatkan bioindikator. Pemantauan biologis adalah penggunaan organisme hidup secara sistematis atau tanggapannya untuk menentukan kualitas lingkungan akuatik (Singh, 2020).

Organisme akuatik yang meliputi organisme fotosintetik, zooplankton, bentos, perifitron, dan juga ikan memanfaatkan

ekosistem sungai sebagai habitat. Habitat organisme akuatik yang berupa sungai tersebut sangat dipengaruhi keberadaannya oleh kondisi lingkungan yng berada di sekitarnya (Abidin, 2018). Komunitas bentos melingkupi banyak organisme meliputi bakteri, tumbuhan, dan hewan (zoobentos) (Vause *et al*., 2019). Zoobentos secara umum diklasifikasikan berdasarkan ukuran, makrozoozoobentos >1 mm (Fachrul, 2007). Makrozoobentos dianggap sebagai indikator untuk menilai kualitas ekosistem. Makrozoobentos yang tinggal di dekat dasar merupakan indikator perairan, karena makrozoobentos membatasi mobilitas dan merupakan indikator ekologis. Alasan pemilihan makrozoobentos daripada kelompok lain karena makrozoobentos merupakan kelompok utama invertebrata air dengan umur panjang, sehingga makrozoobentos dapat digunakan untuk waktu yang lama untuk menilai kualitas air. Kelompok ini heterogen dan satu teknik pengambilan sampel dapat menangkap sejumlah besar spesies. Oleh karena itu, beberapa spesies akan merespons perubahan lingkungan tertentu (Singh, 2020).

Hasil pemantauan kualitas air juga dapat diinterpretasikan dengan indeks biotik yang ditentukan berdasarkan data makroinvertebrata bentos. Kelompok organisme ini memiliki jangkauan kepekaan yang luas terhadap perubahan habitat dan kualitas air. Makrozoobentos merupakan bioindikator penting yang dapat menginformasikan perubahan kualitas air dengan cara yang lebih akurat dibandingkan dengan parameter fisika-kimia dan mikrobiologi. Makrozoobentos telah sering digunakan untuk menilai dan memantau kualitas air menggunakan indeks

keanekaragaman dan biotik pada tingkat struktur komunitas (Ikomi *et al.,* 2005).

Setiap spesies makrozoobentos memiliki sensitifitas yang berbeda terhadap faktor biotik dan abiotik lingkungannya sehingga dapat digunakan sebagai indikator kondisi sebuah sistem perairan. Beberapa jenis makrozoobentos yanng umum ditemukan pada perairan sungai diantaranya termasuk dalam kelas Diptera, Gastropoda, Oligochaeta, Epheteroptera, Trichoptera, Crustacea, Coleoptera, Odonata, Bivalvia dan Hirudinea (Kartikasari, 2013). Makrozoobentos secara alami dapat berbeparan sebagai dekomposer dalam struktur rantai makanan yang mana dapat berkontribusi secara langsung dalam pemecahan rantai organik. Makrozoobentos memainan peran penting dalam ekosistem sungai sebagai konsumen pada tingkat trofik intermediet (Habib & Yousuf, 2016).

Makrozoobentos cocok digunakan sebagai indikator penilaian kualitas lingkungan perairan karena kelimpahan makrozoobentos sangat dipengaruhi oleh faktor abiotik lingkungan (Obolewski *et al*., 2021). Substrat dasar perairan berpengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos. Selain itu faktor abiotik lain seperti oksigen, pH, suhu, kecepatan arus, dan ketersediaan makanan juga berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah total makrozoobentos yang ditemukan (Freimark *et al*., 2017). Komponen abiotik fisika kimia dapat berperan sebagai penilaian baku mutu kualitas air. Berkaitan dengan struktur makrozoobentos, perlu diamati parameter fisika kimia guna mengetahui kualitas perairan (Aisyah *et al*., 2020).

Penelitian Ali & Rosyadi (2020) melaporkan biomonitoring kualitas air menggunakan makrozoobentos yang dilakukan pada Sungai Kalimas Surabaya didapati famili Unionidae, famili Corbiculidae, famili Buccinidae, famili Viviparidae, famili Thiaridae dengan nilai indeks keanekaragaman sedang (H'=1,2701). Penelitian Rahayu dkk. (2015) melaporkan Hulu Sungai Cisadane tercemar limbah organik akibat dari kegiatan manusia seperti pertanian dan pembuangan limbah rumah tangga. Hal tersebut berakibat pada penurunan keanekaragaman makrozoobentos dengan nilai H'=0,844 yang termasuk dalam kategori rendah.

Penelitian Krisanti *et al.* (2020) melaporkan nilai korelasi antara keanekaragaman makrozoobentos pada Sungai Brantas dengan parameter lingkungan berupa DO dan COD 94%. Penelitian Harahap *et al.* (2018) melaporkan korelasi antara COD dan Keanekaragaman makrozoobentos bernilai 0,927 dengan derajat korelasi signifikan hal ini menunjukkan peningkatan COD dapat menurunkan keanekaragaman makrozoobentos.

Berdasarkan keterangan di atas Sampai saat ini, informasi yang tersedia untuk keanekaragaman makrozoobentos sungai di Kota Blitar belum cukup banyak, terutama di Kali Sumber Wayuh. Kondisi Kali Sumber Wayuh berdasarkan (IKPLHD, 2018) melewati sentral industri pembuatan tahu dan tercemar limbah cair industri tahu. Sangat penting dilakukan penelitian mengenai struktur komunitas makroozoobentos sebagai indikator kualitas air Kali Sumber Wayuh, karena sejauh ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai makroozoobentos sebagai indikator kualitas air di Kali Sumber Wayuh. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui struktur komunitas aliran Kali Sumber

Wayuh dan untuk mengetahui status kondisi kualitas air akibat aktvitas masyarakat sekitar di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar menggunakan parameter biologi berupa tingkat keanekaragaman makrozoobentos. Keanekaragaman sendiri dapat diartikan sebagai banyaknya jenis yang ditemukan dalam suatu habitat (Niesenbaum, 2019), sedangkan dominansi merujuk pada satu spesies dengan jumlah individu paling banyak ditemukan dalam suatu komunitas biologi (Akatov & Perevozov, 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apa saja genus makrozoobentos yang ditemukan di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar?
2. Berapa indeks Keanekaragaman dan Dominansi makrozoobentos yang terdapat di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar?
3. Berapa nilai parameter fisika-kimia air di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar?
4. Bagaimana korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan indeks keanekaragaman makrozoobentos di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui genus makrozoobentos yang ditemukan di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar.
2. Untuk mengetahui indeks keanekaragaman dan dominansi makrozoobentos yang terdapat di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar.

3. Untuk mengetahui nilai parameter fisika-kimia air di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar.
4. Untuk mengetahui korelasi antara parameter fisika-kimia air dengan indeks keanekaragaman makrozoobentos di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar.

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 Sumber Wayuh Kota Blitar.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kondisi perairan sehingga menjaga kelestarian lingkungan di Kali Sumber Wayuh Kota Blitar.
3. Memberikan informasi terkait potensi organisme akuatik sebagai bioindikator penilaian perairan sebagai inspirasi penelitian.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Obyek yang diteliti hanya hewan makrozoobentos pada dasar perairan atau subtrat selama periode sampling dengan ukuran spesimen >1 mm dengan sisi lainnya berukuran tidak kurang dari 0,5 mm.
2. Penelitian ini hanya dilakukan di aliran Kali Sumber Wayuh Kota Blitar sepanjang 1,6 km.
3. Parameter Fisika kimia yang diamati meliputi, kecepatan arus, pH, DO, BOD, COD, suhu, dan TDS.
4. Pengambilan sampel dalam penelitian dilakukan pada musim kemarau.

5. Identifikasi berdasarkan karakter morfologi sampai tingkatan genus. Yaitu dengan buku acuan Rufusova *et al.* (2017), Oscoz (2011), Gerber (2002), Kriska (2013), Thorp & Rogers (2015), Todd *et al.* (2008), serta jurnal: Susilo *et al.* (2020), Whelan & Strong (2016), Ng *et al.* (2016), Marwoto & Isnaningsih (2012), Potocka & Krzemińska (2018).

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

2.1.1 Definisi Sungai

Sungai menurut PP No. 22 tahun 2021 tentang sungai, "*adalah alur atau wadah Air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta Air di dalamnya mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan*". Sungai merupakan struktur multidimensi mencakup longitudinal, lateral, vertikal dan komponen temporal. Meskipun berstruktur multidimensi banyak proses ekologi pada sungai yang dipengaruhi oleh aliran air dari dataran tinggi kebawah, sehingga terbentuk arah aliran yang kuat. Sungai juga diatur secara hirarki dengan struktur berskala halus yang terdapat pada dasar aliran. Dataran tinggi merupakan awal sungai yang dimana jalur aliran permukaan dan air tanah dipengaruhi oleh variasi pengunaan lahan tutupaan lahan dan tanah. Hal itu yang membentuk aliran air, nutrisi, dan sedimen menjadi sungai (McCluney *et al.,* 2014).

Sungai yang baik secara alami memiliki nilai BOD <5 mg/L, suhu 25-32^{o}C, pH 6,5-8,5, DO 4-10 mg/L (Mustapha *et al.,* 2013). Klasifikasi sungai berdasarkan tempat aliran kualitasnya menurut Wan *et al.* (2013) dibagi menjadi 5 kategori sebagai berikut:

1. Sungai dalam kategori sangat baik terletak dalam area pegunungan dan umumnya merupakan sumber sungai. Area tersebut memiliki karakteristik tutupan vegetasi yang tinggi, kepadatan populasi rendah, terhindar dari aktivitas pertanian dan industri, dan volume pembuangan limbah rendah.

2. Sungai dalam kategori baik terletak di area perbukitan dan merupakan bahian saluran utama. Sungai tersebut memiliki karakteristik tutupan vegetasi yang baik, pemukiman tersebar, dan sedikit aktivitas pertambangan dan penggalian pasir di sungai.
3. Sungai dalam kategori cukup terletak pada sepanjang dataran hilir. Karakteristik sungai ini memiliki pemukiman dan persawahan yang terdapat pada kedua sisi sungai dan kepadatan populasi masyarakat yang tinggi.
4. Sungai dalam kategori buruk terletak pada daerah pemukiman pedesaan yang memiliki konsentrasi fosfat dan nitrogen tinggi. Karakteristik sungai ini memiliki zona ekonomi pertanian dengan aktivitas tinggi. Sungai ini memiliki banyak saluran irigasi dan limpasan pertanian.
5. Sungai dalam kategori sangat buruk terletak pada daerah perkotaan yang mengandung limbah rumah tangga dan industri dari area pemukiman. Karakteristik di sekitar sungai dengan kepadatan populasi manusia tinggi di sekitar aliran air dan titik pembuangan limbah sangat dekat dengan manusia. Umumnya terdapat limbah kimia dan logam berat.

Klasifikasi sungai berdasarkan lebar sungai dan luas daerah aliran sungai (DAS) dibagi empat (Maryono, 2009):

1. Kali kecil, yang bersumber dari mata air yang memiliki lebar sungai 0-1 m dan luas DAS 0-2 km^2.
2. Kali kecil, yang memiliki lebar sungai 1-3 m dan luas DAS 2-50 km^2.
3. Sungai sedang, yang memiliki lebar 3-10 m dan luas 50-300 km^2.

4. Sungai besar, memiliki lebar lebih dari 10 m dan luas lebih dari 300 km^2.

2.1.2 Bagian-Bagian Sungai

Klasifikasi sungai berdasarkan bentuk aliran menurut Gugliotta and Saito (2019):

1. Hulu

   Hulu merupakan jalur aliran yang terdiri dari kerikil dan pasir yang menunjukkan adanya pengendapan oleh proses *fluvial.* Umumnya dasar aliran hulu berupa pasir dan partikel kasar yang berukuran beberaapa cm dan memiliki jumlah lumpur yang sedikit. Menurut Amper *et al.* (2019) hulu memiliki konektivitas hidrologi yang tinggi. Hulu memiliki campuran substrat yang sangat baik dan memiliki kestabilan habitat yang baik. Hulu juga memiliki faktor biotik yang tergolong suboptimal. Parameter fisika kimia pada hulu diindikasikan memiliki kadar nitrat, fosfat, pH, DO, TSS, TDS, Suhu dan turbiditas dalam kondisi optimal

2. Tengah

   Zona bagian tengah merupakan jalur aliran yang pada dasar substrat berciri batuan besar, batu koral, kerikil dan pasir. Menurut Amper *et al.* (2019) zona tengah memiliki konenktivitas hidrologi yang buruk. Substrat pada zona ini memiliki subetrat berupa batuan yang tertutupi endapan halus. Faktor biotik pada zona tengah tergolong rendah. Parameter fisik kimia pada zona tengah memiliki kadar nitrat, TSS dan turbiditas yang buruk.

3. Hilir

   Hilir merupakan jalur aliran yang terdiri dari pasir berlumpur yang pada bagian dasar berupa partikel kasar, pasir dan lumpur

yang merupakan hasil deposisi dari proses tidal. Umumnya ditemukan banyak komponen lumpur dan pasir yang sangat halus. Menurut Amper *et al.* (2019) hilir memiliki konektivitas hidrologi yang suboptimal. Substrat hilir berupa endapan hasil dari erosi atau degradasi habitat yang mencapai 25-50%. Faktor biotik pada hilir tergolong rendah. Prameter fisika kimia pada hilir memiliki kadar nitrat, TSS, suhu, dan turbiditas yang buruk atau rendah.

Klasifikasi sungai berdasarkan sumber air dan faktor morfodinamik menurut Angelier (2019) sebagai berikut:

1. Crenon

   Crenon merupakan zona daerah sumber mata air. Suhu pada crenon mulai 7,8-9,8^{o}C. Dasar sungai berupa batu besar, setiap crenon selalu bersambung dengan zona rhtihron. Organisme yang ditemukan pada zona ini adalah crustacea amphipoda, isopoda, copepoda dan ostracoda.

2. Rhithron

   Rhithron merupakan aliran sungai yang ditemukan pada tebing atau pegunungan dengan kemiringan lebih dari 0,15% dengan arus aliran yang cepat. Zona rhtihron biasanya merupakan gabungan dari dua aliran. Suhu pada zona rhtihron 20^{o}C. Dasar sungai berupa batuan besar dan krikil. Organisme yang ditemukan pada zona ini umumnya larva serangga, turbelaria, ogliochaeta, mollusca dan crustacea.

3. Potomon

   Potomon merupakan zona pertemuan antara sungai yang berasal dari pegunungan yang mengalir di dataran aluvial dengan kemiringan kurang dari 0,15% dengan arus aliran yang

tenang. Suhu pada aliran ini sekitar 20-21^{o}C. Organisme yang ditemukan pada zona ini umumnya ogliochaeta, hirudenae, mollusca, crustacea dan insecta.

2.1.3 Faktor Fisika Kimia Sungai

Sifat fisika perairan yang mempengaruhi antara lain kecepatan arus, kedalaman, warna, kekeruhan, dan suhu air. Sifat kimia perairan yang mempengaruhi antara lain kandungan gas terlarut, bahan organik, pH, kandungan hara. Sifat biologi yang berpengaruh antara lain individu perairan seperti produsen sebagai sumber makanan makrozoobentos yang mempengaruhi kelimpahan makrozoobentos. Indeks keanekaragaman makrozoobentos menampilkan kualitas sungai (Pelealu, 2018).

2.1.4 Pencemaran Sungai

Berkaitan dengan pencemaran air Rasulullah ﷺ bersabda seperti yang diriwayatkan pada hadits berikut:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رضي الله عنه: أَنَّ رَسُولَ الله ﷺ قَالَ: (لَا يَبُولَنَّ أَحَدُكُمْ فِي الْمَاءِ الدَّاءِمِ الَّذِي لا يَجْرِي, ثُمَّ يَغْتَسِلْ مِنْهُ). رواه البخري

"*Dari Abu hurairah RA, Rasul bersabda: "Jangan sekali-kali salah seorang dari kalian kencing pada air yang tidak mengalir, lalu mandi darinya*."(HR. Bukhari, 232)

Manusia diperintahkan oleh Allah SWT untuk tidak menyalahgunakan dan merusak sumber daya alam. Sebab itu Rasul ﷺ melarang manusia untuk mencemari air. Salah satu upaya yang dianjurkan oleh Rasul ﷺ untuk menjaga kebersihan air yaitu dengan menutup tempat-tempat air ketika hendak tidur dan tidak membangun pemukinan di bantaran sungai (Santoso, 2014).

Hadits tersebut menunjukkan bahwa Rasul ﷺ telah memerintahkan umatnya untuk tidak membuang kotoran di air yang tidak mengalir yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Berdasarkan keterangan tersebut agama Islam dengan jelas mengajarkan terkait pemeliharaan kelestarian lingkungan. Sebab itu manusia berkewajiban untuk menjaga dan memakmurkan lingkungan, salah satunya dengan tidak melakukan eksploitasi alam seperti menangkap ikan dengan menggunakan cara–cara yang dapat menyabakan tercemarnya air (Istianah, 2015).

Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 menegaskan tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 Pasal (1), pencemaran air didefinisikan sebagai: “masuknya atau dimasukkanya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia. sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukanya”

Pencemaran air merupakan kontaminasi pada badan air oleh berbagai substansi yang dapat menyebabkan gangguan pada manusia dan atau lingkungan. Tingkat pencemaran air tergantung pada kelimpahan bahan pencemar, dampak ekologi bahan pencemar, dan penggunaan air. Sumber pencemar dapat berasal dari kegiatan kimia, biologi dan fisika. Meskipun aktivitas alami juga dapat menyebabkan pencemaran air seperti erupsi, tetapi kegiatan manusia yang dilakukan di daratan merupakan sumber pencemar utama (Singh *et al*., 2020).

Air limbah adalah air bekas pakai dari kegiatan antropogenik yang biasanya dikeluarkan dari beberapa sumber seperti domestik, badai, dan buangan pemukiman, buangan pertanian, dan buangan industri, di mana air tersebut dapat masuk sebagai kombinasi dalam aliran masuk melalui selokan. Pelepasan air limbah tersebut akan berkontribusi pada kandungan yang tidak biasa dari bahan limbah terlarut atau tersuspensi di air alami. Senyawa terlarut dan tersuspensi yang mencemari ini yang biasanya disebut sebagai bahan organik terlarut dan bahan partikulat terlarut digunakan sebagai satu kesatuan untuk pemantauan utama untuk kualitas air limbah (Zoelkifli *et al.*, 2020).

2.2 Kualitas air

Air merupakan salah satu kebutuhan primer yang sangat vital bagi manusia. Sebagaimana diurunkannya air untuk memenuhi kebutuhan manusia yang tertuai secra implisit dalam firman Allah SWT surat Al-waqiah ayat 68-70 berikut:

أَفَرَءَيْتُمُ ٱلْمَآءَ ٱلَّذِى تَشْرَبُونَ ﴿٦٨﴾ ءَأَنتُمْ أَنزَلْتُمُوهُ مِنَ ٱلْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ ٱلْمُنزِلُونَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَآءُ جَعَلْنَٰهُ أُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ ﴿٧٠﴾

"*Maka terangkanlah kepadaku tentang air yang kamu minum. Kamukah yang menurunkannya atau Kamikah yang menurunkannya? Kalau Kami kehendaki, niscaya Kami jadikan dia asin, maka mengapakah kamu tidak bersyukur?"* (QS: Al-Waqiah [56]: 68-70)

Menurut Tafsir Ibnu Katsir ayat diatas menerangkan bahwa air tawar yang dijadikan sebagai sumber air minum merupakan air yang diturunkan Allah SWT dari al-muzni yang berarti awan. Allah SWT tidak menurunkan air yang asin bahkan pahit dari langit yang tidak layak untuk diminum atau sebagai irigasi. Oleh karena itu

manusia harus bersyukur atas air tawar yang diturunkan oleh Allah SWT (Abdullah, 2007). Menurut tafsir Al Azhar ayat di atas menerangkan pada manusia tentang pentingnya air. Oleh karena itu manusia diperintahkan untuk memperhatikan dan merenungkan air yang dikonsumsinya. Manusia harus bersyukur kepada Allah SWT atas air tawar yang diturunkan ke bumi karena Allah SWT bisa saja menurunkan air yang tidak dapat dikonsumsi (Amrullah, 1990).

Selain bersyukur manusia harus selalu menjaga kelestrarian sumber daya air supaya tetap dapat memanfaatkan air secara berkelanjutan. Keberadaan air harus tetap dipertahankan sampai peradaban akhir di dunia karena air merupakan kehidupan primer. Rasulullah SAw telah memberikan tuntunan kepada manusia untuk melestarikan air salah satunya dengan penghematan air dan menjaga lingkungan supaya tidak rusak yang berkaibat pada kualitas sumber daya air. Pemanfaatan sumber daya air haruslah bersifat menyeluruh dengan melihat dari segala sudut pandang meliputi etika, religi, sosial budaya dan ekonomi yang mencsakup seluruh aspek manusia. Pengelolaan sumber daya air dapat ditunjang oleh kemajuan teknologi dan pendidikan yang mendukung (Nisa, 2017).

Kualitas air sungai berdampak signifikan terhadap kehidupan manusia. Manusia memanfaatkan sungai untuk irigasi di bidang pertanian, kebutuhan sehari-hari seperti itu sebagai air minum, transportasi, untuk menghasilkan listrik melalui bendungan pembangkit listrik tenaga air, untuk kegiatan rekreasi dan pemanfaatan lainnya yang menggunakan air (Dunca, 2018). Akibat urbanisasi dan modernisasi, pencemaran air sungai merupakan

masalah yang parah dan berdampak buruk pada keberlanjutan sumber daya air (Goi, 2020).

Sungai terdiri atas komponen abiotik dan biotik dimana interaksi komponen tersebut terganggu akan terjadi perubahan yang menyebabkan ekosistem perairan tidak seimbang (Maruru, 2012). Sungai dengan kualitasnya rendah mengakibatkan lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kesehatan dan keselamatan manusia serta mahluk hidup lainnya. Penurunan kualitas air mempengaruhi produktivitas, daya dukung dan daya tampung dari sumberdaya air dimana akan menurunkan kekayaan sumber daya alam (Gazali dkk., 2013). Status kualitas air menggambar kondisi suatu perairan suatu sumber air pada waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Penentuan kualitas air bisa menggunakan gabungan parameter fisik, kimia dan biologis (Ulfah dkk., 2012).

2.3 Bioindikator

Bioindikator sering digunakan untuk menilai terjadinya gangguan lingkungan karena cerminannya terhadap sifat-sifat yang dapat diamati sebagai manifestasi lingkungan. Proses biologis adalah aspek bioindikator yang biasanya digunakan untuk penilaian kualitas lingkungan dan pemantauan perubahan bertahap di mana penerapan bioindikator akan bergantung pada pemahaman mendasar dari struktur dan fungsi ekosistem itu sendiri (Zoelkifli *et al.*, 2020).

Bioindikator adalah satu atau lebih organisme hidup yang digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan tempat tinggalnya dan komponen biologis yang terkait dengannya. Bioindikator atau biomonitoring paling sering digunakan untuk memantau

perubahan kimiawi di lingkungan dalam bidang seperti ekotoksikologi (Siddig *et al.*, 2016). Pengukuran bioindikator pada tingkat organisasi yang berbeda seperti pada tingkat organisme, populasi, komunitas, atau ekosistem dapat digunakan untuk mengetahui efek spesifik dan proses cetak biru karena paparan polutan. Pendekatan konseptual biomonitoring yang dapat diterapkan dalam pemantauan pencemaran air (Zoelkifli *et al.*, 2020).

Agen bioindikator akuatik dapat berkorelasi dengan kondisi lingkungan yang fluktuatif sesuai keadaan sekitar akibat aktivitas manusia (Suharto, 2014). Sebagian besar bioindikator lingkungan yang digunakan berasal dari makroorganisme seperti ikan, makroinvertebrata, makrofita, protozoa, dan alga (Zoelkifli *et al.*, 2020).

2.4 Keanekaragaman

Keanekaragaman hayati merupakan banyaknya variasi diantara semua organisme di dalam struktur partikular ekologi seperti habitat, komunitas, landskap atau ekosistem. Hal ini termasuk jumlah spesies dan juga variasi di dalam spesies seperti variasi genetik (Niesenbaum, 2019). Keanekaragaman hayati adalah istilah umum yang komprehensif untuk tingkat keanekaragaman alam atau variasi dalam sistem alam baik jumlah maupun frekuensinya. Keanekaragaman hayati seringkali digunakan sebagai istilah untuk berbagai macam tumbuhan hewan dan mikroorganisme, gen, dan ekosistem yang terbentuk. Keanekaragaman Hayati dibagi menjadi tiga tingkatan genetik, spesies dan ekosistem (Rawat & Agarwal, 2015).

Tujuan utama ekologi untuk memahami berbagai proses keberlangsungan keanekaragaman hayati yang mana sangat penting bagi kelangsungan ekosistem. Hilangnya keanekaragaman hayati dapat menurunkan fungsi ekosistem dan dalam kasus yang lebih besar dapat menyebabkan kepunahan dan kehancuran ekosistem secara menyeluruh (Daly *et al.*, 2018). Tingkat keanekaragaman Shannon-Wiener memiliki kisaran sebagai berikut (Fachrul, 2007):

1. Keanekaragaman rendah (H' < 1)
2. Keanekaragaman sedang (1<H'<3)
3. Keanekaragaman tinggi (H' > 3)

2.5 Dominansi

Dominansi berhubungan dengan keanekaragaman spesies yang mana setiap spesies memiliki potensi yang sangat penting untuk ekosistem Ketika mencapai nilai dominansi yang tinggi (Lohbeck *et al*., 2016). Komunitas yang didominasi oleh satu spesies cenderung memiliki stabilitas yang lebih rendah atau produktivitas yang berkurang. Dominasi mencerminkan kontribusi spesies dominan terhadap komunitasnya. Dominasi satu atau beberapa spesies ditunjukkan oleh ketidakrataan dalam kelimpahan spesies. Dominasi di tingkat komunitas dan spesies akan memberikan wawasan baru tentang bagaimana keragaman mempengaruhi stabilitas dan fungsi ekosistem (Ma & Ellison, 2018).

Tingkat dominasi adalah rasio individu dari spesies yang paling melimpah dengan jumlah total individu dalam komunitas biologis. Diketahui bahwa, semakin tinggi tingkat dominansi, semakin rendah keanekaragaman. Pengaruh dominansi terhadap

keanekaragaman dalam komunitas adalah pengurangan sumber daya yang dapat diakses oleh spesies lain. Semakin tinggi kelimpahan spesies dominan dalam suatu komunitas, semakin sedikit sumber daya yang tersedia untuk spesies penyerta dan semakin rendah ukuran populasi potensial mereka, dengan demikian, semakin tinggi kemungkinan kepunahan mereka karena fluktuasi lingkungan, dan semakin rendah nilai keanekaargaman (Akatov & Perevozov, 2011).

Indeks dominansi Simpson digunakan untuk tujuan menentukan kualitas perairan dengan keragaman jenis yang tinggi. Nilai indeks dominansi Simpson hanya berkisar 0-1. Apabila mendekati 0 maka struktur komunitas dalam keadaan stabil. Apabila mendekati 1 berarti terdapat tekanan lingkungan yang menyebabkan struktur komunitas tidak stabil alias ada spesies yang mendominasi (Fachrul, 2007).

2.6 Bentos

Bentos merupakan organisme yang hidup didasar aliran perairan (Fenoglio, 2020). Komunitas bentos melingkupi banyak organisme meliputi bakteri, tumbuhan, dan hewan yang berasal dari rantai makanan berbeda. (Vause *et al*., 2019). Zoobentos secara umum diklasifikasikan berdasarkan ukuran mikrobentos <0,1 mm, mesobentos 0,1-1 mm dan makrozoozoobentos >1 mm dengan sisi lainnya berukuran tidak kurang dari 0,5 mm (Fachrul, 2007; Rufusova *et al*., 2017).

Organisme bentos umumnya memakan deposit, mendapatkan nutrisi dari memakan biota, partikel organik dan anorganik dari permukaan sedimen atau dalam sedimen. Organisme bentos berinteraksi atau terpapar oleh kehadiran

kontaminan dalam bentuk terlarut atau partikular dengan pengambilan kontaminan melalui memakan langsung dari mangsa atau mendapatkan langsung dari sedimen. Sensitivitas organisme bentos terhadap zat kontaminan didalam sedimen berbeda antara spesies satu dan spesies lainnya atau berbeda setiap fase hidup (Simpson *et al*., 2016).

2.6.1 Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan hewan tak bertulang belakang yang hidup di dasar perairan atau substrat yang berupa sedimen, serasah, makrofita, atau alga berfilamen pada habitat air tawar untuk setidaknya setengah dari fase hidup dari hewan tersebut (Johnson *et al*., 2001). Makrozoobentos bisa dimanfaatkan sebagai agen bioindikator kualitas perairan. Makrozoobentos termasuk anggota makroinvertebarata yang berhabitat di dasar air (Hadiputra & Damayanti, 2013). Sensitifitas respons Makrozoobentos terhadap tekanan lingkungan yang berhubungan dengan aktivitas antropogenik masa lalu, sekarang, dan masa depan telah dipelajari secara luas di seluruh dunia dan menjadi subjek untuk penelitian berkelanjutan. Selain itu, mereka berpotensi menjadi penilai kualitas air ekologi yang efektif karena kemunculannya, keanekaragaman, dan kepekaannya terhadap stresor bahan organik dan anorganik (Musonge *et al.*, 2020).

Alasan pemanfaatan makroozobentos sebagai agen bioindikator kualitas air karena memiliki sifat yang relatif pasif atau memiliki mobilitas yang rendah. Makrozoobentos akan tetap tinggal dalam paparan cemaran lingkungan buruk, sehingga merespon kondisi kualitas air secara kontinu (Indarmawan dan Manan, 2011).

Komposisi, kelimpahan, dan distribusi organisme bentik selama periode waktu tertentu memberikan indeks pada ekosistem. Makrozoobentos memainkan peran mendasar dalam transfer energi melalui rantai makanan dan membantu dalam daur ulang puing-puing organik yang mengendap di dasar badan air dan memainkan peran penting dalam ekosistem perairan sebagai konsumen primer dan sekunder termasuk pencampuran mineralisasi sedimen, mendaur bahan organik dan menilai kualitas air pedalaman. Makrozoobentos mencerminkan kondisi sedimen lokal, rentang hidup yang mengintegrasikan dampak kontaminan dari waktu ke waktu, hidup di dasar air tempat kontaminan menumpuk dan yang paling penting mereka menunjukkan tingkat toleransi yang berbeda terhadap kontaminan. Distribusi makrozoobentos ditentukan oleh sejumlah faktor seperti sifat fisik substrat, kedalaman, kandungan nutrisi badan air (Vyas *et al.*, 2012).

Salah satu teknik untuk menyimpulkan kumpulan data biomonitoring adalah dengan menggabungkan taksa sesuai sensitivitas atau toleransi mereka terhadap stresor lingkungan. Setelah skor toleransi ini ditentukan, kualitas ekologi dari situs yang baru dipantau dapat dievaluasi berdasarkan apakah taksa makroinvertebrata dari kelompok sensitif atau toleran (Musonge *et al.*, 2020). Pengolompokan makrozoobentos berdasarkan sensitivitas stressor lingkungan ada tiga yaitu jenis intoleran, jenis fakultatif, dan jenis toleran. Kelompok intoleran organisme yang tidak bisa beradaptasi terhadap penurunan kualitas air. Kelompok fakultatif organisme yang dapat bertahan hidup di perairan yang banyak bahan organik, tetapi tidak dapat mentolerir pencemaran

lingkungan. Kelompok toleran organisme yang sering dijumpai pada air dengan kualitas rendah (Meisaroh dkk., 2019).

Makrozoobentos berperan penting sebagai agen penilaian kualitas perairan karena memiliki siklus hidup yang panjang mobilitas yang terbatas dan perbedaan sensitivitas terhadap polutan yang berbeda. Keanekaragaman total makrozoobentos dipengaruhi gabungan beberapa faktor lingkungan yaitu produktivitas atau heterogenitas habitat, meskipun beberapa kelompok bentos invertebrata sangat dipengaruhi oleh faktor abiotik yang sederhana. Beberapa kelompok yang termasuk dalam kelompok makrozoobentos adalah Polycheates, Chironomidae, Bivalvia, Echinoderm (Koperski, 2011).

2.6.2 Habitat makrozoobentos

Arus merupakan karakteristik yang dimiliki air mengalir. Hal itu menyebabkan hewan beradaptasi untuk dapat hidup pada aliran air. Karakteristik anatomi hewan yang ditemukan pada air mengalir memiliki tubuh pipih, organ *adhesive*, atau bercapit. Pola kolonisasi komunitas bentos berbeda setiap aliran. Suhu termasuk faktor ekologi yang sangat penting yang berkaitan dengan *latitude*, ketinggian, musim dan jarak sumber. Bentos makroinvertebrata hidup dalam rentang suhu yang spesifik yang mana membatasi distriusi mereka dan berpengaruh terhadap struktur komunitas. Suhu berpengarup terhadap pola kemunculan, laju pertumbuhan, metabolisme, reproduksi dan ukuran tubuh bentos makronvertebrata. Karakteristik substrat merupakan aspek penting dari fisik habitat di ekosistem sungai. Bentos bergerak, beristirahat, berlindung dan makan di dasar sedimen (Hussain, 2012).

Kehadiran vegetasi sangat berpengaruh terhadap kehadiran fauna. Hal itu ditunjukkan dengan kelimpahan dan distribusi invertebrata sangat baik pada vegetasi yang memiliki keanekaragaman dan biomassa yang tinggi. Bentos sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH dibawah 5 dan lebih dari 9,0 sangat berpahaya bagi organisme bentos. Nilai pH yang rendah menunjukkan keragaman bentos yang rendah karena dapat menyebabkan kegagalan telur dan masalah fisiologi untuk meregulasi ion di dalam tubuh dan untuk menyerap kalsium yang dibutuhkan oleh eksoskleton (Hussain, 2012).

Kekeringan pada sungai umumnya terjadi secara berkala yang menyebabkan beberapa spesies invertebrata beradaptasi terhadap kekeringan. Respon terhadap stress kekeringan pada aliran air dapat menyebabkan kematian kecuali beberapa spesies yang dapat merayap kebawah kedalam habitat yang memiliki kelembahan atau bahkan air. Populasi makronvertebrata berkuarang setelah banjir ekstrim tetapi umumnya dapat pulih dengan cepat. Populasi makrinvertebrata pada sungai gradien rendah umumnya mengalami peningkatan populasi ketika musim banjir. Umumnya keberadaan organisme bergantung kepada ketersedian makanan. Populasi invertebrata akan meningkat ketika populasi alga meningkat. Naungan baik secara langsung maupun tidak sangat berpengaruh terhadap distribusi bentos (Hussain, 2012).

Makrozoobentos dapat hidup pada kondisi fisika kimia tertentu. Suhu optimum kehidupan makrozoobentos 20–30^{o}C. nilai pH optimum 7-8,5 karena makrozoobentos sensitif termasuk spesies sensitif. Makrozoobentos dapat bertahan pada oksigen

terlarut minimum 5 mg/l, selebihnya tergantung karakteristik organisme spesies, derajat keaktifan, pencemar, temperatur air dan lainnya. Kandungan oksigen terlarut mempengaruhi jumlah jenis bentos di perairan. Kedalaman juga mempengaruhi makrozoobentos. Semakin dalam perairan, semakin sedikit jumlah jenis makrozoobentos karena hanya beberapa makrozoobentos yang dapat beradaptasi dengan kondisi kedalaman (Ridwan, 2016).

2.6.3 Klasifikasi Makrozoobentos

Berbagai jenis hewan yang beraneka ragam telal dijelaskan Allah SWT dalam surat An-Nur ayat 45 sebagai berikut:

وَٱللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَآبَّةٍ مِّن مَّآءٍۖ فَمِنْهُم مَّن يَمْشِى عَلَىٰ بَطْنِهِۦ وَمِنْهُم مَّن يَمْشِى عَلَىٰ رِجْلَيْنِ وَمِنْهُم مَّن يَمْشِى عَلَىٰٓ أَرْبَعٍۚ يَخْلُقُ ٱللَّهُ مَا يَشَآءُۚ إِنَّ ٱللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ قَدِيرٌ ﴿٤٥﴾

Artinya:
"Dan Allah SWT telah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah SWT menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, sesungguhnya Allah SWT Maha Kuasa atas segala sesuatu". (QS: An-Nuur [24]: 45)

Menurut Tafsir Ibnu Katsir ayat diatas menjelaskan Allah SWT mengingatkan kepada manusia segala sesuatu yang terlihat merupakan ciptaannya. Allah SWT menciptakan semua makhluk yang ada di bumi dari air. Menurut Tafsir As Sa'di (2002) ayat diatas menjelaskan tentang binatang yang hidup di muka bumi bermula dari nutfah ketika sel betina dibuahi oleh sel jantan, tidak ada satupun hewan yang tercipta di muka bumi seperti serangga-serangga melainkan diciptakan dari air yang sama, akan tetapi

memiliki bentuk yang berbeda. Makhluk-makhluk tersebut ada yang berjalan seperti ular, seperti manusia, seperti burung, dan seperti hewan ternak. Perbedaan yang muncul pada berbagai makhluk hidup menunjukkan kehendak dan kekuasaan Allah SWT yang merata.

Keanekaragaman bentuk dan manfaat makhluk hidup juga telah tertuai secara implisit dalam QS An Nahl [16]: 13 berikut:

وَمَا ذَرَأَ لَكُمْ فِي ٱلْأَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُۥٓ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَذَّكَّرُونَ ﴿١٣﴾

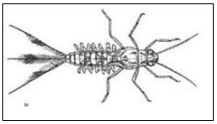
Artinya:
"*dan Dia (menundukkan pula) apa yang Dia ciptakan untuk kamu di bumi ini dengan berlain-lainan macamnya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran*."

Menurut Tafsir Al Muyassar ayat di atas menjelaskan bahwa Allah mengendalikan semua makhluk yang diciptakanNya sebagai tanda-tanda keesaan Allah SWT. Makhluk yang diciptakan Allah termasuk binatang memiliki berbagai macam jenis dan kegunaannya. Berdasarkan perbedaan jenis dan kegunaannya tersebut manusia dapat mengambil pelajaran (As Syaikh, 2009). Ayat ini menegaskan bahwa Allah sendirilah yang mengendalikan semua makhluk ciptaan-Nya yang bermacam-macam warna, sifat, potensi, dan kemampuannya. Semua ini menjadi petunjuk bagi orang-orang yang mau mempelajari serta mengambil manfaat dan pelajaran dari proses penciptaan makhluk hidup. Allah pengatur dan pengendali segala ciptaan-Nya, baik yang di permukaan bumi baik binatang, tumbuhan, gunung, dan sungai (Departemen Agama RI, 2010).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa air mencakup sebagian besar struktur tubuh makhluk hidup. Tanpa keberadaan air yang merupakan sumber kehidupan maka tidak ada penciptaan makhluk hidup. Berdasarkan sudut pandang sains makhluk hidup yang tercipta dari air merujuk pada mikroorganisme. Namun para mufassir menganggap bahwa makna air dalam ayat tersebut adalah sperma. Seperti hewan dan manusia yang tercipta dari sperma (Yunanda, 2018). Kekuasaan Allah tersebut juga dapat dilihat dari banyaknya jenis hewan air salah satunya makrozoobenthos.

Makrozoobentos dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian sesuai dengan fungsi masing-masing kelompok sensitif, fakultatif dan toleran. Kelompok sensitif Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera, Odonata. Kelompok fakultatif Coleoptera, Pelecypoda, Tipulidae. Kelompok toleran Simuliidae, Oligochaeta, Chironomidae, Hirudinae, Gastropoda, Tanyponidae, Turbellaria (Thorp & Covich, 2009). Berikut beberapa macam makrozoobentos:

1. Ephemeroptera (*Mayfly*)

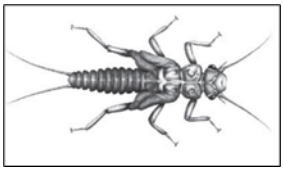


Gambar 2. 1 Ephemeroptera. larva *mayfly* (Rufusova *et al*., 2017)

Epheremoptera secara umum larva nya berhabitat pada air mengalir dan beberapa taksa berhabitat pada genangan air. *Mayfly* dewasa memiliki tubuh rapuh sepanjang 3-35 mm (tidak termasuk

cerci), dengan dua pasang sayap transparan seperti pada gambar 2.1. Nimfa berganti kulit 10-50 kali selama perkembangannya berlangsung selama 0,5-3 tahun. Panjang perkembangan larva sangat dipengaruhi oleh suhu air dan dapat sangat bervariasi bahkan dalam satu populasi. Nimfa *mayfly* adalah bioindikator yang sangat berguna, oleh karena itu kelompok ini digunakan untuk metode pemantauan air tawar standar. Nimfa memiliki bentuk yang berbeda sesuai dengan lingkungan yang berbeda tempat mereka beradaptasi (Rufusova *et al.*, 2017).

2. Plecoptera (*Stoneflies*)



Gambar 2. 2 Plecoptera larva *Stonefli*es (Rufusova *et al*., 2017)

Nama Plecoptera, berasal dari bahasa Yunani "pleco" yang berarti terlipat dan "ptera" yang berarti sayap. Sayap dilipat pada belakang. Lalat batu umumnya bukan serangga yang kuat, dan beberapa spesies sama sekali tidak bersayap. Larva (atau naiad) dan dewasa telah lama memasangkan cerci yang menonjol dari ujung perut seperti pada gambar 2.2. *Stoneflies* memiliki antena yang panjang; bagian mulut yang lemah dan mengunyah; berkurang dan tidak berfungsi oleh sebagian besar spesies. Larva memakan bahan organik kasar (daun) atau bahan organik (detritus, Leuctridae, Nemouridae) dan beberapa di antaranya adalah predator (Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae), spesies dari genus Brachyptera memakan alga epilitik (pemakan rumput).

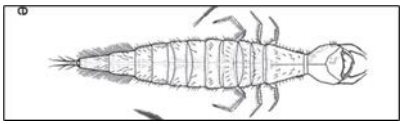
Perkembangan larva membutuhkan waktu 1-4 tahun. Lalat batu merupakan indikator yang sangat baik untuk aliran air (Rufusova *et al.*, 2017).

3. Trichoptera (*caddisflies*)

Gambar 2. 3 Trichoptera. larva Anulipalpia (Rufusova *et al.*, 2017)

Lalat Caddis termasuk dalam ordo serangga yang mengalami metamorfosis sempurna. Sayap *caddisflies* ditutupi dengan rambut dan mereka tidak memiliki belalai. Larva *caddisflies*) menyerupai ulat bulu. Sumbu utama kepala berada pada sudut 90° dari sumbu utama tubuh. Tubuh larva *caddisflies* diakhiri dengan cekungan perutdengan cakar anal, menjadi adaptasi terhadap arus air yang kuat seperti pada gambar 2.3. Mereka memiliki 5-7 tahap perkembangan (instar) dan biasanya menyelesaikan siklus hidup mereka dalam satu tahun (Rufusova *et al.*, 2017).

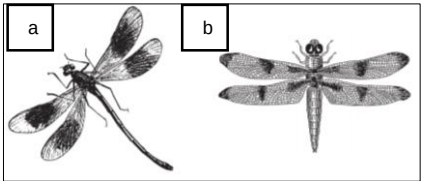
4. Coleoptera (*aquatic beetles*)



Gambar 2. 4 Coleoptera. a) Coleoptera (Dytiscidae) dewasa b) larva Coleoptera (Dytiscidae) (Rufusova *et al.*, 2017)

Coleoptera adalah ordo serangga terbesar. Mayoritas kumbang terestrial kecuali beberapa famili yang hidup di air baik pada tahap dewasa maupun larva, sedangkan famili seperti Psephenidae hanya memiliki tahap larva di dalam air. Coleoptera menempati hampir setiap habitat air tawar, dari sungai pegunungan hingga kolam sementara atau lumpur dan pasir di tepi kolam. Ordo coleoptera dewasa memiliki sepasang sayap luar yang keras dan kasar serta tidak digunakan dalam terbang seperti pada gambar 2.4. Sayap belakang yang lembut, yang digunakan untuk terbang, disembunyikan di bawah sayap luar saat diam (Gerber, 2002).

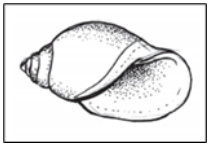
5. Odonata (*dragonflies, damselflies*)



Gambar 2. 5 Odonata. a) Zygoptera dewasa b) Anisoptera dewasa (Rufusova *et al.*, 2017)

Odonata terbagi menjadi dua subordo yaitu Anisoptera (*dragonflies*) dan Zygoptera (*damselflies*). Mudah untuk membedakan keduanya ketika dalam tahap dewasa (*dragonflies)* capung sejati adalah serangga besar, memegang sayap secara horizontal saat diam. *Damselflies* adalah serangga kecil, ramping, melipat sayap sejajar dengan perut saat istirahat seperti pada gambar 2.4 (Gerber, 2002).

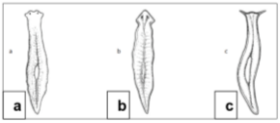
6. Gastropoda (*freshwater snails*)



Gambar 2. 6 Gastropoda (Rufusova *et al.*, 2017)

Siput adalah hewan tidak beruas-ruas bertubuh lunak yang hidup di dalam cangkang. Mayoritas Gastropoda air tawar memiliki cangkang spiral, hanya beberapa genera limpet yang memiliki cangkang lebih berbentuk kerucut. Semua Gastropoda dicirikan oleh kaki berotot besar yang memanjang dari bawah cangkang. Di depan kaki terletak kepala yang berkembang dengan baik, membawa tentakel, mata dan mulut. Kaki yang terbuka ditambatkan ke cangkang melalui otot yang, ketika berkontraksi, menarik kaki dari pandangan. Cangkangnya mungkin tampak halus tetapi garis pertumbuhan ditemukan saat diperiksa dengan cermat seperti pada gambar 2.6. Cangkangnya dilapisi dengan lapisan pelindung tipis yang juga mengandung pigmen warna. Siput bergerak perlahan, meluncur dengan kaki sambil meninggalkan jejak lendir yang sudah dikenalnya (Gerber, 2002).

7. Turbellaria

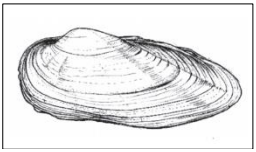


Gambar 2. 7 Turbellaria. a) Dendrocoelidae, b) Dugesiidae, c) Planariidae (Rufusova *et al.*, 2017)

Turbellaria tersebar di seluruh dunia, sebagian besar di laut, tetapi beberapa juga terdapat di air tawar dan habitat beriklim

sedang dan tropis yang lembab. Kelas ini memiliki sekitar 1303 spesies air. Turbellaria umum berhabitat di perairan yang mengalir dan danau. Turbellaria adalah hewan simetris bilateral seperti pada gambar 2.7, umumnya bergerak dengan silia yang terkoordinasi pada jejak lendir yang disekresikan, meskipun beberapa spesies dapat berenang dengan kontraksi otot ritmis. Semuanya adalah hermafrodit dan terkenal karena kemampuannya untuk beregenerasi jika terbelah dengan luka di tubuh mereka. Semua spesies kita adalah karnivora, baik memangsa invertebrata kecil (krustasea, moluska atau cacing) atau protozoa (Rufusova *et al.*, 2017).

8. Bivalvia (*freshwater mussels*)



Gambar 2. 8 Bivalvia (Rufusova *et al*, 2017)

Bivalvia adalah kelas yang paling sering ditemukan di seluruh habitat akuatik dunia (Rufusova *et al.*, 2017). Kerang memiliki bentuk bervariasi, memanjang, lonjong atau lainnya. Cangkang terdiri dari dua bagian, disatukan dengan ligamen elastis yang membentuk engsel seperti pada gambar 2.8. Cangkang sering ditandai dengan garis pertumbuhan dan ketidaksempurnaan karena periode kekurangan makanan atau kadar oksigen yang rendah. Kerang juga memiliki kaki berotot kecil yang menjulur dari antara dua cangkang. Ini digunakan terutama untuk penggerak karena tidak memiliki kepala, mata atau tentakel

yang tepat. Kerang bisa mengubur dirinya sendiri jauh ke dalam pasir atau substra (Gerber, 2002).

2.7 Profil Kali Sumber Wayuh

Gambar 2. 9 Lokasi Sumber mata air Kali Sumber Wayuh (Koleksi pribadi, 2021)

Kali Sumber Wayuh pada area sumber atau hulu digunakan untuk kegitatan seperti mandi dan mencuci baju. Area aliran air setelah bagian sumber digunakan untuk membuang limbar cair industri tahu (IKPLHD, 2018). Area sumber mata air memiliki pohon penuduh diantaranya pohon besar dan bambu (Gambar 2.9). Area sumber mata air terletak di Jl. Bengawan Solo Gg 7. Sedangkan sentral industri tahu berada di Jl. Bengawan Solo Gg. 5, 3, dan 1 dan Jl. Bogowonto. Kali Sumber Wayuh digunakan untuk mandi cuci air dan irigasi. Sumber mata air Sumber Wayuh memiliki debit air 15,33 (l/det). Kali Sumber Wayuh memiliki panjang 1,6km (DLH, 2021)

Kota Blitar juga memiliki beberapa lokasi sumber mata air yang tersebar di seluruh wilayah Kota Blitar. Sumber air terbesar yaitu Sumber Wayuh yang memiliki luas areal 506 m^2. Kali Sumber Wayuh yang berdekatan dengan lokasi industri tahu di kota Blitar, kondisinya saat ini tercemar oleh air limbah industri tahu, bahkan sering menimbulkan bau yang tidak sedap (IKPLHD, 2018).

Penurunan kualitas air yang terjadi disebabkan adanya pembuangan limbah cair industri tahu. Sejumlah 7 (tujuh) unit industri berskala besar yang hampir semua membuang limbah cair tahunya ke dalam bak IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) terpadu. IPAL terpadu itu dibangun oleh Pemerintah Kota Blitar guna mengurangi dampak pencemaran limbah cair industri tahu. Namun, karena pengoperasian IPAL yang kurang mendapat perhatian serius, para pengusaha membuang langsung limbah tahu ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. (Oktarian, 2016).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Pengambilan data dilakukan dengan metode eksplorasi yaitu mengambil sampel secara langsung di lokasi penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan September-November 2021. Pengambilan sampel air, substrat, dan makrozoobentos bertempat di Kali Sumber Wayuh, Kelurahan Pakunden, Kota Blitar. Parameter fisika berupa TDS, kecepatan arus dan suhu diuji ditempat pengamatan saat pengambilan sampel. Parameter kimia air berupa BOD, COD, DO dan pH pengujian dilakukan dengan bantuan Laboratorium Air Jasa Tirta 1 Kota Malang.

3.3 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ayakan dengan ukuran 0,5mm, jaring ukuran 1mm untuk mengambil makrozoobentos di dan sungai, thermometer untuk mengukur suhu, botol flakon untuk menyimpan spesimen makrozoobentos, kertas label, botol plastik untuk mengambil sampel air untuk pengujian, pinset, dan nampan. Hand phone untuk dokumentasi dan mikroskop digital. Bahan-bahan yang digunakan dan diteliti dalam penelitian ini adalah makrozoobentos yang didapatkan, sampel air, alkohol 70% untuk mengawetkan makrozoobentos.

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan bertujuan untuk menentukan area stasiun yang akan diamati dengan metode *purpose sampling*. Pemilihan stasiun berdasarkan kondisi perairan dan kegiatan masyarakat sekitar. Deskripsi tiga stasiun terpilih terdapat pada tabel 3.1 sedangkan peta lokasi penelitian terdapat pada gambar 3.1 dan lokasi stasiun terdapat pada gambar 3.2 pengambilan sampel dilakukan pada rentang jarak 1,6 km.

Tabel 3. 1 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Stasiun	Deskripsi	Koordinat
1	Dasar berpasir dekat pemukiman dan berada dekat hulu atau sumber mata air	8° 5'40.35"S 112° 8'43.06"E
2	Dasar berpasir dekat pemukiman dan berada di dekat sentral pabrik tahu.	8° 5'45.83"S 112° 8'40.82"E
3	Dasar berpasir dekat pemukiman dan berada setelah sentral pabrik tahu dan peternakan	8° 5'49.65"S 112° 8'38.05"E

Gambar 3. 1 Lokasi Pengamatan (Google earth, 2021) A peta Jawa Timur, B Peta Kota Blitar, C Peta Aliran dan lokasi stasiun pengamatan di Sungai Kali Sumber Wayuh.

Gambar 3. 2 Lokasi Stasiun Pengamatan (Dokumentasi pribadi, 2021) A Stasiun 1, B Stasiun 2, C Stasiun 3 di Sungai Kali Sumber Wayuh.

3.4.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos dan Sampel Air

Pengambilan spesimen dilakukan sebanyak 3 kali ulangan di tiap stasiun. Plot yang digunakan berukuran 1x1 meter. Sampel diambil menggunakan jaring tangan yang diletakan berlawanan dengan arus serta memasukkan substrat ke dalam jaring. Kedalaman substrat yang diambil kurang lebih 10cm (Correa *et al*.,

2021). Makrozoobentos yang terjaring dipisahkan dan dipilih menggunakan spatula kemudian disimpan di dalam botol flakon berisi alkohol 70% (Burdett *et al*., 2015; Bae *et al*., 2021).

Penyimpanan spesimen makrozoobentos menurut (Marquina *et al*., 2021) disimpan pada larutan alkohol 70%. Spesimen yang mudah rusak lebih baik disimpan pada alkohol 70% daripada 90%. Penyimpanan spesimen makrozoobentos pada kisaran 70-80% secara umum bagus untuk penyimpanan morfologi. Jika spesimen tersimpan pada lebih dari 90% akan membuat spesimen hancur dan jika disimpan lebih rendah akan menyebabkan beberapa tingkat degradasi.

3.4.3 Identifikasi Makrozoobentos

Sampel makrozoobentos yang dikoleksi kemudian diamati, difoto dengan menggunakan mikroskop dan diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi sampai tingkatan genus dengan buku acuan yaitu Rufusova *et al.* (2017), Oscoz (2011), Gerber (2002), Kriska (2013), Thorp & Rogers (2015), Todd *et al.* (2008), serta jurnal: Susilo *et al.* (2020), Whelan & Strong (2016), Ng *et al.* (2016), Marwoto & Isnaningsih (2012), Potocka & Krzemińska (2018) dan database online: Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Integrated Taxonomic Information System (ITIS). Jumlah masing masing makrozoobentos yang ditemukan kemudian dimasukkan dalam tabel 3.2. Identifikasi dilakukan sampai tingkatan genus.

Tabel 3. 2 Tabel Pengamatan Sampel

No	Genus	Stasiun 1			Stasiun 2			Stasiun 3		
		U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
1										
2										

3.4.4 Pengukuran Faktor Fisika Kimia Air

Parameter fisika kimia air yang di ukur berasal dari 3 sampel air yang sama dengan 3 stasiun tempat pengambilan spesimen makrozoobentos. Pengukuran kecepatan arus dapat dilakukan dengan metode apung. Metode apung sendiri dapat dilakukan dengan mengggunakan botol plastik yang diapungkan diatas permukaan air kemudian dititung waktu tempuh dari titik satu ke titik 2 dengan jarak antar titik telah ditentukan. Penentuan kecepatan arus dihitung dengan persamaan jarak dibagi waktu (Ghani *et al*., 2017). Sampel air yang telah didapatkan disimpan pada tempat gelap dan suhu 4^{o}C untuk mengurangi aktivitas biologi (Kalkhajeh *et al*., 2019). BOD dianalisa dengan metode APHA 5210 B-2017, DO dengan metode APHA 4500-O-G-2017, dan COD dengan metode SNI 6989.2.2009, pH dengan metode SNI 06-6989.11.2004.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener (H')

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

Keterangan rumus keanekaragaman: (Fachrul, 2007)

H' : indeks keanekaragaman Shannon – Wiener

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

Ni : jumlah individu yang termasuk dalam i spesies

N : Jumlah total individu

3.5.2 Indeks Dominansi Simpson

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

Keterangan rumus dominansi: (Fachrul, 2007)

D: Indeks Dominansi Simpson

ni: jumlah individu dari suatu spesies

N: Jumlah total individu

3.5.3 Analisis Korelasi Pearson

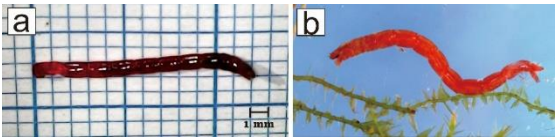
Analisis korelasi pearson digunakan untuk melihat hubungan antara keanekaragaman makkrozoobentos dan faktor fisika kimia air menggunakan PAST 4. Korelasi pearson adalah pengukuran hubungan linier antara variabel bebas dan terikat yang dilambangkkan dalam "*r*". Hasil analisis korelasi bernilai positif dan negatif. Korelasi positif jika variabel bebas diikuti oleh variabel terikat sedangkan korelasi negatif jika variabel bebas meningkat diikuti penurunan variabel terikat atau sebaaliknya. Nilai "*r*" 0,00-0,09 menunjukkan korelasi sangat lemah, 0,10-0,39 korelasi lemah, 0,40-0,69 korelasi sedang, 0,70-0,89 korelasi kuat, 0,90-1,0 korelasi sangat kuat (Schober *et al.*, 2018).

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Identifikasi Spesimen Makrozoobentos

a. Spesimen 1

Berikut merupakan spesimen 1 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 1 Genus Chironomus (a) foto pengamatan (b) literatur (Kriska, 2013)

Spesimen 1 dapat ditemukan di semua stasiun. Spesimen ini memiliki ciri tubuh ramping, memanjang silindris, berwarna merah seperti gambar 4.1. Kepala Spesimen ini kecil berbentuk bulat berbeda dengan bentuk toraks. Sehingga menurut Kriska (2013) digolongkan dalam genus Chironomus. Klasifikasi spesimen 1 menurut (ITIS, 2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Chironomidae
Genus : Chironomus

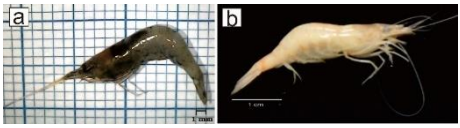
Larva Chironomus memiliki tubuh memanjang seperti cacing. Kepala sklerotis berbentuk bulat dan dapat dibedakan dengan jelas dengan toraks. Larva ini dapat hidup pada semua jenis habitat air, di dalam sedimen halus (Kriska, 2013). Memiliki 2

pasang proleg satu pasang berada pada bagian toraks dan pada area anus (Oscoz, 2011)

Larva pada famili Chironomidae memiliki berbagai jenis warna yaitu putih, kuning, hijau, coklat, merah muda atau merah darah, warna merah disebabkan oleh hemokrom pengikat oksigen (hemoglobin) yang terlarut di dalam cairan tubuh sehingga membantu larva untuk hidup di dalam sedimen dengan kadar oksigen rendah (Kriska, 2013). Chironomidae dapat ditemukan di berbagai kondisi perairan mulai dari yang bersih dan dingin sampai air yang sangat tercemar *anoxic*. Beberapa spesies chironomidae tenggelam di substrat dan bergerak di atas substrat (Oscoz, 2011).

b. Spesimen 2

Berikut merupakan spesimen 2 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 2 Genus Caridina (a) foto pengamatan (b) literatur (Susilo *et al*., 2020)

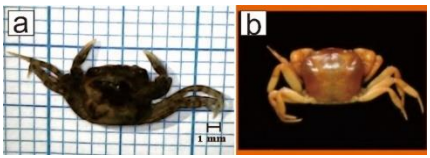
Spesimen 2 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri memiliki lima pasang kaki seperti gambar 4.2 spesimen ini berciri tubuh lebih panjang daripada lebar tubuhnya, ekor menyerupai kipas di ujung abdomen dan memiliki bintik-bintik pada tubuhnya. Mata spesimen ini terletak pada batang yang dapat digerakkan, sehingga menurut Susilo *et al*. (2020) digolongkan dalam genus Caridina. Klasifikasi spesimen 2 mmenurut (ITIS, 2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Malacostraca
Order : Decapoda
Family : Atyidae
Genus : Caridina

Kelimpahan tinggi udang berhubungan dengan akumulasi vegetasi debris yang sangat banyak di dasar perairan sebagai bahan makanan (Annawaty *et al.,* 2016). Atyidae tertarik pada air yang teroksigenasi dengan baik dimana banyak ditemukan makrofita mereka toleran terhadap perubahan suhu dan salinitas (Oscoz, 2011). Caridina memiliki tubuh transparan dengan bintik-bintik berwarna coklat yang tersebar di seluruh tubuh mulai dari *cephalothorax* sampai abdomen, memiliki *rostrum* pendek bergerigi. *Pereiopod* pertama dengan carpus anterior, *Pereiopod* kedua dengan carpus ramping. Caridina hidup di habitat dengan substrat berpasir. Caridina dapat ditemukan pada substrat kasar atau halus. Suhu 17-22^{o}C (Dwiyanto *et al.*, 2020).

c. Spesimen 3

Berikut merupakan spesimen 3 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 3 Genus Parathelphusa (a) foto pengamatan (b) literatur (Susilo *et al*., 2020)

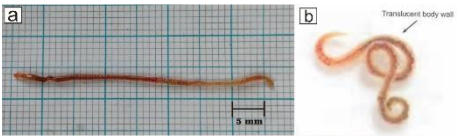
Spesimen 3 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki empat pasang kaki dan satu pasang pelengkap yang dimodifikasi menjadi capit seperti pada gambar 4.3. Spesimen ini memiliki abdomen tidak terlihat, terselip di bawah tubuh. Warnanya coklat. Mata terletak pada batang yang bisa bergerak sehingga menurut Susilo *et al*., (2020) digolongkan dalam genus Parathelphusa. Klasifikasi spesimen 3 menurut (GBIF, 2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Malacostraca
Order : Decapoda
Family : Gecarcinucidae
Genus : Parathelphusa

Parathelphusa memiliki karapaks tinggi dan cekung secara longitudinal, crista epigastric dan postorbital berbeda, lekukan antennular seperti celah. margin antar lateral dengan empat sumur. Gigi triangular relatif luas, kaki ambulatori memanjang dan ramping, garis median longitudinal memisahkan sternit toraks dan yang terputus-putus oleh punggung transverternal tipis. Parathelphusa jantan memiliki abdomen berbentuk segitiga luas, segmen terminal terpisah, setae panjang pada sisi sentral terkadang samar pada margin bagian atas, segmen terminal umumnya relatif pendek daripada segmen subterminal pada penampakan ventral (Yeo & Ng, 2007). Parathelphusa dapat ditemukan dibalik batuan pada dasar sungai yang dangkal dapat juga ditemukan pada berbagai substrat batuan, pasir dan lumpur (Susilo *et al.*, 2020).

d. Spesimen 4

Berikut merupakan spesimen 4 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 4 Genus Tubifex (a) foto pengamatan (b) literatur (Gerber, 2002)

Spesimen 4 dapat ditemukan di semua stasiun. Spesimen ini memiliki ciri tubuh memanjang dan berbentuk silindris. Spesimen ini juga memiliki tubuh bersegmen dan berwarna merah kecoklatan sehingga menurut Gerber (2002) digolongkan dalam genus Tubifex. Klasifikasi spesimen 4 menurut (ITIS, 2021)

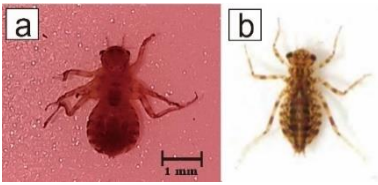
Kingdom: Animalia
Phylum : Annelida
Class : Clitellata
Order : Tubificida
Family : Naididae
Genus : Tubifex

Tubificida hidup pada substrat berlumpur dengan aliran yang kaya akan oksigen, terkadang tubificidae menempati air eutrofik dengan kadar polutan tinggi (Kriska, 2013). Tubifex memiliki dorsal anterior dengan 6 rambut chaeta dan lima chaeta pektinat dengan gigi intermediet tak beraturan, pada bagian posterior rambut menghilang, chaeta ventral pada bagian anterior berjumlah 6 sampai 10 dengan gigi bagian atas lebih tipis tetapi lebih pendek dari bagian bawah sedangkan bagian posterior gigi

bagian atas relatif pendek dan sedikit. (Pinder, 2000). Tubifex memiliki bentuk tubuh seperti tabung tipis, bersegmen dengan jumlah segmen 34-120 (Liza, 2016).

e. Spesimen 5

Berikut merupakan spesimen 5 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 5 Genus Crocothemis (a) foto pengamatan (b) literatur (Gerber, 2002)

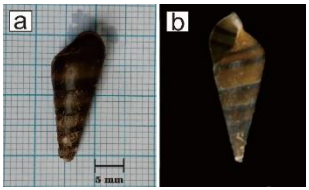
Spesimen 5 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh bulat berukuran relatif sedang. kepala lebar dengan mata bulat; kaki dengan tanda gelap samar; perut berbentuk oval, dengan kepala berbentuk segitiga. Spesimen ini memiliki mata menonjol dan memiliki 6 kaki, seperti gambar 4.5. Tubuh spesimen ini berwarna coklat pucat, bagian anal membentuk. Selain itu spesimen ini memiliki bantalan sayap, sehingga menurut Gerber (2002), digolongkan dalam genus Crocothemis. Klasifikasi spesimen 5 menurut (ITIS, 2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Odonata
Family : Libellulidae
Genus : Crocothemis

Bentuk larva Crocothemis oval memanjang mata besar, setae spiniformis mencolok tidak memiliki kait midolsar, duri postolateral kecil pada segmen ke 8 dan 9. Ujung abdomen larva Crocothemis meruncing. Habitat Crocothemis pada perairan eutrofik termasuk kolam, danau, dan aliran berarus pelan. Larva ini bersembunyi di dasar perairan seperti vegetasi (Tennessen, 2019). Larva Libellulidae dapat ditemukan pada hampir semua habitat perairan (Oscoz, 2011). Libellulidae hidup pada dasar peraian yang berarus pelan atau diam (Kriska, 2013).

f. Spesimen 6

Berikut merupakan spesimen 6 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 6 Genus Pluerocera (a) foto pengamatan (b) literatur (Whelan & Strong, 2015).

Spesimen ini hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesies ini memiliki tipe cangkang memanjang dengan bagian ulir utama membesar, permukaan cangkang halus dan bercorak hitam kecoklatan, memiliki apeks tumpul dengan lekuk sifon agak lebar dan tumpul seperti pada gambar 4.6 sehingga menurut Whelan & Strong (2015) digolongkan dalam genus Pleurocera. Klasifikasi spesimen 6 menurut (ITIS, 2021):

Kingdom: Animalia

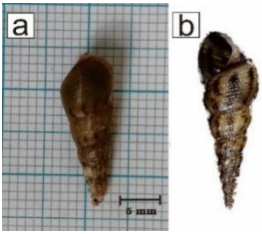
Phylum : Mollusca

Class : Gastropoda
Order : Neotaenioglossa
Family : Pleuroceridae
Genus : Pleurocera

Genus Pluerocera memiliki cangkang berbentuk konikal dengan bukaan terkanalikulasi sangat kuat dan tipis, sinus lebih tipis dengan perkembangan lebih lemah pada fase sebelum dewasa, ulir pertama sedikit cembung dengan tajam dan menonjol pada ulir bagian tengah, sambungan *abapical* pada ulir subsekuen umumnya hampir rapuh, lekukan terakhir tidak memiliki pahatn spiral. Pluerocera memiliki pahatan aksial dari *opisthocyrt* halus garis pertumbuhan, garis spiral berwarna coklat kemerahan bisa terlihat atau tidak, periostracum berwarna coklat terang sampai gelap tertutupi oleh warna abu-abu atau hitam organik (Whelan & Strong, 2015).

g. Spesimen 7

Berikut merupakan spesimen 7 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 7 Genus Melanoides (a) foto pengamatan (b) literatur (Todd, 2008)

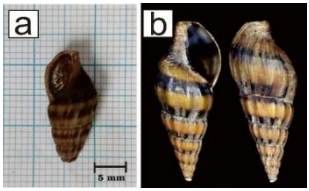
Spesimen 7 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesies ini memiliki tipe cangkang memanjang dengan bagian ulir utama agak membesar, cangkang memiliki warna coklat dengan motif coklat tua vertikal mengikuti ulir. Spesimen ini pada cangkang permukaan memiliki ulir utama membentuk garis-garis horizontal seperti pada gambar 4.7 sehingga menurut Todd (2008) digolongkan dalam genus Melanoides. Klasifikasi spesimen 7 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Mollusca
Class : Gastropoda
Order : Neotaenioglossa
Family : Thiaridae
Genus : Melanoides

Genus Melanoides bercangkang bulat berulir yang mana ulir tersebut membentuk pahatan (Thorp, 2015). Cangkang Melanoides memanjang dan berwarna kecoklatan dengan sejumlah uliran yang mana ukuran nya bertambah dengan jarak bawah cangkang sampai ujung akhir. Melanoides hidup pada berbagai habitat seperti pada perairan dengan kadar garam rendah sampai air tawar pada dataran tinggi. Genus ini dapat hidup pada rentang pH yang luas, dapat ditemukan pada berbagai jenis substrat umumnya pada substrat berbatu atau lumpur. Melanoides berkoloni di badan air dengan arus pelan. Melanoides dapat hidup pada habitat eutrofik dan toleran terhadap kondisi rendah oksigen, polutan tinggi dan kekeringan berkala (Vogler, 2012).

h. Spesimen 8

Berikut merupakan spesimen 8 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 8 Genus Anentome (a) foto pengamatan (b) literatur (Ng *et al*., 2016).

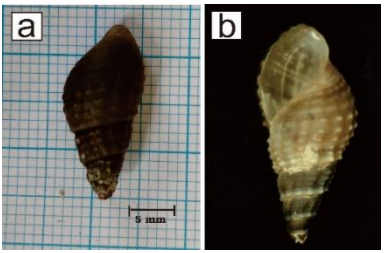
Spesimen 8 hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tipe cangkang memanjang, permukaan cangkang bergelombang membentuk garis–garis vertikal, cangkang memiliki warna coklat muda dan coklat tua berselang-seling, memiliki apeks tumpul dan lekukan yang sempit seperti pada gambar 4.8, sehingga menurut Ng *et al.* (2016) digolongkan dalam genus Anontome. Klasifikasi spesimen 8 menurut GBIF (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Mollusca
Class : Gastropoda
Order : Neogastropoda
Family : Nassariidae
Genus : Anentome

Cangkang Anentome berbentuk konus meamanjang, dextral atau berputar ke kanan. Ulir berjumlah 7-8 beberapa convex terpahat dengan aksial sehingga sulit dibedakan pada baagian anterior. Cangkang Anentome berwarna kekuningan dengan garis berwarna coklat gelap umumnya memiliki tiga garis warna pada ulir tubuh (Ng *et al.*, 2016).

i. Spesimen 9

Berikut merupakan spesimen 9 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 9 Genus Tarebia (a) foto pengamatan (b) literatur (Appleton, 2009)

Spesimen 9 hanya ditemukan pda stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri warna cangkang kuning pucat sampai coklat. Cangkang spesimen terdiri dari 3 baris ulir dan pada permukaan terdapat bintik-bintik timbul seperti pada gambar 4. 9 sehingga menurut Appleton (2009) digolongkan dalam genus Tarebia. Klasifikasi spesimen 9 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Mollusca
Class : Gastropoda
Order : Neotaenioglossa
Family : Thiaridae
Genus : Tarebia

Tarebia memiliki cangkang berulir memipih, pahatan ulir spiral dari baris tuberkulum melintang (Thorp, 2015). Cangkang Tarebia berukuran medium berbentuk konus memanjang dan tebal, Garis spial berjumlah 9-11 dibawah bagian perifer, Garis aksial tidak terlihat, Garis spiral menonjol seperti garis aksial sehingga bintik-bintik terbentuk pada bagian intersepsi. Cangkang

Tarebia memiliki warna bervariasi kuning, coklat sampai hitam, Apex berbentuk lancip. Cangkang Tarebia memiliki 6-8 pahatan (Isnaningsih *et al.*, 2018). Tarebia merupakan spesies bentik yang dapat ditemukan pada habitat perairan dengan substrat berupa pasir, lumpur dan batuan. Genus ini toleran terhadap kecepatan arus sampai 1,2m/s (Appleton, 2009).

j. Spesimen 10

Berikut merupakan spesimen 10 yang didapat saat pengambilan sampel:

Gambar 4. 10 Genus Sulcospira (a) foto pengamatan (b) literatur (Marwoto & Isnaningsih, 2012)

Spesimen ini hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tipe cangkang memanjang, bagian ulir utama membesar, memiliki apeks tumpul, cangkang berwarna hitam dan halus, memiliki lekukan yang agak lebar dan tumpul seperti pada gambar 4,10 Sehingga menurut Marwoto & Isnaningsih (2012) digolongkan dalam genus Sulcospira. Klasifikasi spesimen 10 menurut (GBIF, 2021):

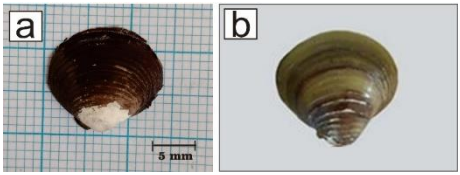
Kingdom: Animalia
Phylum : Mollusca
Class : Gastropoda
Order : Caenogastropoda
Family : Pachychilidae

Genus : Sulcospira

Sulcospira memiliki cangkang bervariasi, cangkang berbentuk konus memanjang dan solid. Sudut putaran sekitar 30^{o}, Apeks terkikis dengan ulir pipih tersisa 7-9. Cangkang Sulcospira berwarna kunig gelap sampai hitam, pahatan terdiri dari 2-3 lira spiral dekat sambungan dan 3-6 lira spiral menonjol pada bagian dasar ulir tubuh (Marwoto & Isnaningsih, 2012).

k. Spesimen 11

Berikut merupakan spesimen 11 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 11 Genus Corbicula (a) foto pengamatan (b) literatur (Wang *et al*., 2018)

Spesimen ini hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesies ini memiliki cangkang yang kuat dan simetris, bentuk cangkang agak bundar seperti pada gambar 4.11. Cangkang luar spesimen ini bewarna abu-abu kecoklatan. Spesimen ini hidup dengan cara membenamkan diri dalam substrat. Sehingga menurut Wang *et al.* (2018) digolongkan dalam genus Corbicula.

Klasifikasi spesimen 11 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia

Phylum : Mollusca

Class : Bivalvia

Order : Veneroida

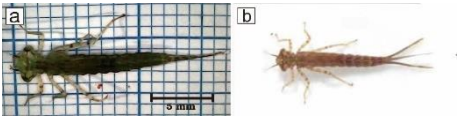
Family : Corbiculidae

Genus : Corbicula

Cangkang Corbicula berbentuk segitiga oval dengan umbo terletak pada bagian sentral, periostracum mengkilat dengan warna bervariasi dari kuning hijau dan coklat, pahatan menonjol dengan rusuk konsentrik, endostrakum memiliki warna keputihan (Kriska, 2013). Corbicula dapat ditemukan pada permukaan sedimen atau sedikit terbenam. Genus ini dapat toleran pada suhu dingin 2-30^{o}. Corbicula merupakan spesies air tawar namun dapat juga ditemukan pada perairan payau dengan berbagai ukuran substrat termasuk pasir, sedimen, tanah liat, dan kerikil tetapi lebih sering ditemukan pada pasir halus dan kasar. Corbicula memerlukan habitat perairan yang teroksigenasi dengan baik (Kramer, 2008).

l. Spesimen 12

Berikut merupakan spesimen 12 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 12 Genus Ischnura (a) foto pengamatan (b) literatur (Gerber, 2002)

Spesimen ini hanya ditemukan pada stasiun 1. Spesimen ini memiliki ciri tubuh yang ramping terdiri atas kepala yang memiliki mata besar menonjol dan memiliki dua antena. Abdomen spesimen ini terdiri atas segmen-segmen seperti pada gambar 4.12. Memiliki 3 pasang kaki yang bersendi sehingga menurut

Gerber (2002) digolongkan dalam genus Ischnura. Klasifikasi spesimen 12 menurut ITIS (2021):

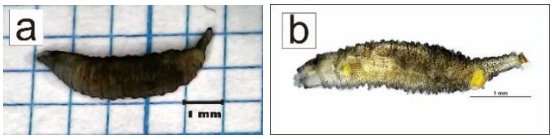
Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Odonata
Family : coenagrionidae
Genus : Ischnura

Larva Ischnura memiliki kepala dengan dorsal kecoklatan bagian ventral berwarna kuning gelap, ocellli berwarna putih mata coklat, epricanium dibelakang mata. Larva Ischnura antena memiliki 1-7 segmen berwarna kuning pada segmen satu dan coklat pada segmen dua dan tiga. Kepala Larva Ischnura berukuran 3.5mm melewati mata 1,7mm panjang garis tengahnya, setiap sudut postelateral terdapat 10 setae menonjol. Ischnura tersebar pada habitat air tawar (Cannings, 1979).

Larva coenagrionidae memiliki tubuh ramping antena bersegmen dengan ukuran yang sama, prementum berbentuk segitiga dan kuat tanpa lekukan tengah. Umumnya memiliki 3-5 premental setae pada setiap sisi dari garis tengah memiliki 1-7 raptorial setae, pada setiap lobus pal-pal diakhiri 1-2 kait. Semua ingsang berukuran sama, pembuluh pada ingsang menyebar secara diagonal dari garis median (Bouchard, 2004). Larva odonata hidup pada habitat air dangkal baik kolam atau air mengalir pelan yang bersembunyi di dasar perairan baik di balik batu atau dasar vegetasi (Oscoz, 2011). Larva odonata sulit ditemukan pada perairan yang tercemar pestisida ataupun limbah (Iskandar, 2015).

m. Spesimen 13

Berikut merupakan spesimen 13 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 13 Genus Brachydeutera (a) foto pengamatan (b) literatur (Ale-Rocha & Ferreira-Keppler, 2018)

Spesimen ini ditemukan pada stasiun 1 dan 2. Spesimen ini memiliki ciri thorax berwarna coklat sampai bagian. Tubuh spesimen ini berbentuk silindris memipih dan memiliki segmen gambar 4.13, terdapat sepal dan anal, sehingga menurut Ale-Rocha & Ferreira-Keppler (2018) digolongkan dalam genus Brachydeutera. Klasifikasi spesimen 13 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Ephydridae
Genus : Brachydeutera

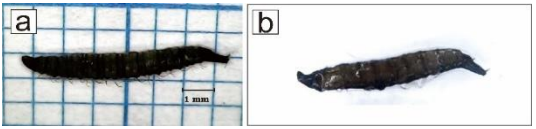
Larva Brachydeutera memiliki sepaloskeleton tanpa lengkungan ventral di bawah mandibula, tubuh memipih secara dorsoventral dengan integumen umumnya transparan. Larva Brachydeutera memiliki 8 pasang kaki abdominal dengan setiap pasang kaki abdominal memiliki 2-3 baris kail, sepasang kaki abdominal terakhir berukuran lebih besar, celah spirakular posterior terpisah yang umumnya terlihat pada apeks tabung

pernapasan bercabang dua, tabung pernapasan memiliki panjang yang bervariasi pada ujung segmen anus. Larva Brachydeutera jarang memiliki spirakel posterior yang menetap pada bagian anal. Spirakel posterior tidak berbentuk menyerupai spiniform, (Thorp & Rogers, 2015).

Genus Brachydeutera memiliki 15 spesies di seluruh dunia bentuk larvanya dapat ditemukan pada berbagai habitat mengalir, bentuk dewasa dan larva ditemukan pada permukaan air, biasanya diantara vegetasi baru. Larva Brachydeutera mendapatkan makanan dari daun yang hidup maupun mati, mengonsumsi filamen alga, dan mengurai jaringan hewan mati. Fase larva Brachydeutera menghabiskan banyak waktu di dasar perairan. (Keiper dan Walton. 2000).

n. Spesimen 14

Berikut merupakan spesimen 14 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 14 Genus Telmatoscopus (a) foto pengamatan (b) literatur (Sarkar *et al.*, 2018)

Spesimen ini ditemukan pada stasiun 2 dan 3. Spesimen ini memiliki ciri larva berwarna hitam, tubuh terdiri dari segmen-segmen dimana kepala dan anal dapat dibedakan. Spesimen ini memiliki sifon pada akhir segmen untuk alat bantu pernapasan seperti dalam gambar 4.14, sehingga menurut Sarkar *et al*. (2018)

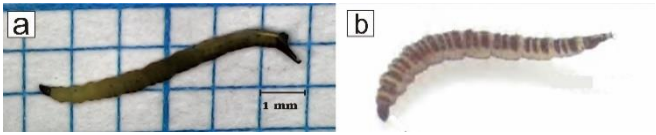
digolongkan dalam genus Telmatoscopus. Klasifikasi spesimen 14 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Psychodidae
Genus : Telmatoscopus

Larva Telmatoscopus memiliki ciri kepala kapsul berbentuk sub-oval. Tubuh larva ini tidak rata secara dorsoventral, tanpa tonjolan lateral bercabang, terdapat spirakel protorax, terkadang menonjol, sifon alat bantu pernapasan berkembang dengan baik berbentuk memanjang. Larva Telmatoscopus memiliki antena dengan 2 atau lebih sensillae memanjang, hipostoma dengan 3 gigi tajam (Kvifte *et al.*, 2017). Larva Telmatoscopus umumnya ditemukan pada lendir dan lapisan organik yang terakumulasi di dasar perairan (Heilprin *et al.*, 2002).

o. Spesimen 15

Berikut merupakan spesimen 15 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 15 Genus Psychoda (a) foto pengamatan (b) literatur (Gerber, 2002).

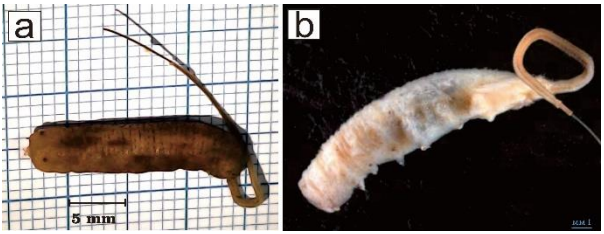
Spesimen ini ditemukan pada stasiun 2 dan 3. Spesimen ini memiliki ciri larva berwarna coklat, tubuh terdiri dari segmen-segmen dimana kepala dan anal dapat dibedakan. Spesimen ini memiliki sifon pada akhir segmen untuk alat bantu pernapasan seperti dalam gambar 4.15, sehingga menurut Gerber (2002) digolongkan dalam genus Psychoda. Klasifikasi spesimen 15 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda`
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Psychodidae
Genus : Psychoda

Larva Psychoda memiliki Tubuh lebih panjang dari 2 mm, memanjang dengan pseudosegmentasi sedikit atau jelas, kepala dan prothorax tidak tertarik ke dalam tubuh, tubuh tersklerotisasi dengan segmen semu (annuli) mencapai 27 segmen, sebagian besar ditutupi dengan pelat tergal yang tersklerotisasi, abdomen dengan 7 segmen, spirakel posterior berdekatan satu sama lain. Larva Psychoda umumnya tersklerotisasi lemah, tampak pucat, pelat tergal pada annuli sering berkurang ukurannya atau bahkan tidak ada, antena terdiri dari 1 atau 2 sensilla memanjang, hipostoma tanpa gigi, pelat preanal tidak ada (Kvifte *et al*, 2017). Psychoda dapat bertahan hidup lebih dalam pada dasar periaran. Psychoda dapat menggunakan sifon untuk bertahan dalam kondisi rendah oksigen (Griffith & Gillett-Kaufman. 2018).

p. Spesimen 16

Berikut merupakan spesimen 16 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 16 Genus Eristalis (a) foto pengamatan (b) literatur (Kriska, 2013)

Spesimen 16 ditemukan pada stasiun 1 dan 2. Larva spesimen ini memiliki bentuk silindris dengan lipatan horizontal yang membagi tubuh menjadi segmen-segmen, di antaranya kutikulanya halus, pada pembagian setiap segmen tubuh, terlihat dua baris rambut fleksibel. Larva ini memiliki ekor di ujung posterior (sifon) sebagai alat bantu pernapasan seperti pada gambar 4.16. Sifon bisa beberapa kali panjang dari tubuhnya tubuhnya, sehingga menurut Kriska (2013) digolongkan dalam genus Eristalis. Klasifikasi spesimen 16 menurut ITIS (2021):

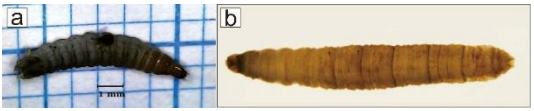
Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Syrphidae
Genus : Eristalis

Larva Eristalis hidup berhubungan dengan pembusukan material organik di perairan. Larva Eristalis bertindak sebagai biodekomposer yang berketerkaitan dengan pembusukan

(Campoy *et al.*, 2017). Larva Eristalis hidup pada aliran air yang memiliki banyak terdapat material organik, toleran pada kadar DO yang rendah. Larva ini dapat ditemukan pada dasar perairan yang dangkal. Abdomen larva Eristalis diakhiri oleh tabung respiratori panjang dengan panjang setidaknya setengah dari panjang tubuh, kepala tumpul tereduksi kedalam toraks, mandibula bergerak secara paralel satu sama lain pada sisi vertikal (Kriska, 2013).

q. Spesimen 17

Berikut merupakan spesimen 17 yang didapat saat pengambilan sampel:



Gambar 4. 17 Genus Trichocera (a) foto pengamatan (b) literatur (Potocka, 2018)

Spesimen ini terdapat pada stasiun 2 dan 3. Spesimen ini memiliki ciri kepala lonjong yang keras dan tubuh berbentuk silindris. Tubuh berwarna kuning kecoklatan tersusun atas segmen-segmen seperti pada gambar 4. 17, sehingga menurut Potocka (2018) digolongkan dalam genus Trichocera. Klasifikasi spesimen 17 menurut ITIS (2021):

Kingdom: Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Order : Diptera
Family : Trichoceridae
Genus : Trichocera

Trichocera hidup pada habitat yang menyidiakan banyak sumber makanan untuk larva seperti kompos. Larva Trichocera biasanya ditemukan pada permukaan substrat dasar perairan dan kayu basah. Larva Trichocera memiliki kepala kapsul berwarna gelap yang sangat tersklerotisasi, sebagian tertarik ke dalam segmen pertama (protoraks), empat segmen pertama di belakang kepala terbagi menjadi dua secara sekunder, enam segmen berikutnya terbagi menjadi tiga bagian. Larva Trichocera pada segmen terakhir memiliki empat lobus berdaging, dua di bagian punggung dan dua yang lebih besar di bagian perut dengan sepasang spirakel besar terletak di antara lobus, memiliki empat lobus anal yang dapat menempel pada spirakel untuk menutupinya bila diperlukan (Potocka, 2018).

Genus yang ditemukan terdapat 17 jenis seperti pada tabel 4.1. Genus Chironomus ditemukan pada stasiun 1 hingga 3 dengan jumlah 110, 14 dan 3. Genus ini terdapat di semua stasiun karena toleran. Menurut Thorp & Covich (2010) yang menyebutkan bahwa larva famili chironomidae cukup toleran dengan kadar oksigen rendah dan beberapa dapat bertahan pada area kadar oksigen sangat rendah sehingga oksigen tersebut tidak dapat dideteksi.

Tabel 4. 1 Jumlah Genus Makrozoobentos

No	genus	Stasiun 1				Stasiun 2				Stasiun 3			
		1	2	3	∑	1	2	3	∑	1	2	3	∑
1	Chironomus	43	46	21	110	0	7	7	14	0	1	2	3
2	Caridina	6	9	5	20	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Parathelphusa	17	5	6	28	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Tubifex	13	2	2	17	0	2	0	2	0	1	0	1
5	Crocothemis	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Pluerocera	5	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Melanoides	8	15	11	34	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Anontome	13	27	32	72	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Tarebia	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Sulcospira	11	30	12	53	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Corbicula	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Ischnura	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Brachydeutera	0	0	0	0	25	15	3	43	66	45	83	194
14	Telmatoscopus	0	0	0	0	10	2	2	14	22	9	14	45
15	Psychoda	0	0	0	0	4	0	0	4	3	0	0	3
16	Eristalis	0	0	0	0	8	1	0	9	4	2	1	7
17	Trichocera	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
	jumlah				348				87				254

Keterangan: Stasiun 1: berlokasi dekat mata air ditemukan 13 genus, Stasiun 2 berlokasi setelah sentral industri tahu ditemukan 8 genus, Stasiun 3 berlokasi setelah sentral industri tahu dan peternakan ditemukan 8 genus.

Genus Brachydeutera ditemukan cenderung lebih banyak di salah satu stasiun yakni stasiun 2 dan 3 dengan jumlah 43 dan 194. Laarva genus ini ditemukan pada stasiun dengan nilai TDS tinggi dan kadar DO rendah. Menurut Oscoz (2011) menyatakan bahwa larva genus ini dapat ditemukan pada perairan berbagai substrat. Famili Ephydridae dapat beradaptasi dan dapat ditemukan pada perairan dengan kualitas buruk. Famili ini umumnya hidup pada substrat kandungan organik yang tinggi. Umumnya mereka memakan alga mikroskopik, bakteri dan detritus

organik. Menurut Pal *et al.* (2012) keberadan Brachydeutera mengindikasikan perairan dengan tingkat pencemaran tinggi.

4.2 Indeks Keanekaragaman dan Dominansi Makrozoobentos

Berdasarkan data jumlah genus makrozoobentos yang telah didapat, diperoleh nilai indeks keanekaragaman Shannon Wiener dan Indeks dominasi Simpson pada tabel 4.2. Nilai keanekaragam tertinggi ditemukan pada stasiun 1 yang berlokasi setelah mata air Kali Sumber Wayuh dan diikuti oleh stasiun 2 yang berlokasi setelah sentral industri tahu dan stasiun 3 yang berlokasi setelah sentral industri tahu dan peternakan secara berurutan. Nilai dominansi paling rendah ditemukan pada stasiun 1 dan diikuti oleh stasiun 2 dan 3 secara berurutan.

Tabel 4. 2 Nilai Indeks Keanekaragaman dan Indeks Dominansi

Nilai Indeks	Stasiun			Kumulatif
	1	2	3	
Keanekaragaman (H')	1,8986	1,4506	0,7599	1,3697
Dominansi (D)	0,1882	0,3096	0,6158	0,3712

Keterangan: * nilai ρ<α pada uji t antara ketiga stasiun berbeda signifikan

Hasil perhitungan uji-t (Lampiran 4) antara stasiun 1 dan 2 didapat nilai ρ (0,000032917), antara stasiun 1 dan 3 nilai ρ (1,682E-39), dan antara stasiun 2 dan 3 nilai ρ (1,682E-39) hal ini menunjukkan nilai indeks keanekaragaman pada ketiga stasiun berbeda secara signifikan. Hasil uji t ini sesuai dengan penjelasan Emmert-Streib & Dehmer, 2019).

Stasiun 1 yang berlokasi setelah mata air Kali Sumber Wayuh memiliki nilai indeks keanekaragaman tertinggi (H=1,8986). Menurut (Fachrul, 2007) nilai keanekaragaman dengan 1< H' < 3 termasuk kategori sedang. Nilai dominansi terendah (D=0,1882) daripada stasiun lainnya. Hal ini menunjukkan tidak adanya genus yang mendominasi. Stasiun ini memiliki substrat berpasir dan tutupan pohon. Aliran ini berada sebelum daerah sentral industri tahu. Nilai dominansi yang mendekati 0 ini menurut Octavina *et al.* (2019) menunjukkan struktur komunitas dalam keadaan stabil. Menurut Wimbaningrum *et al*., (2016) Perairan dengan kualitas air tergolong baik atau sedang seperti wilayah hulu sungai umumnya memiliki keanekaragaman makrozoobentos yang tinggi. Selain itu organisme yang paling banyak ditemukan merupakan organisme yang termasuk ke dalam taksa Epheremoptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) yang mana sensitif terhadap kehadiran polutan. Hadirnya EPT dan odonata pada suatu perairan dapat menunjukkan bahwa perairan tersebut sedikit atau hampir tidak tercemar oleh polutan organik.

Menurut Camargo (2019) makrozoobentos menunjukkan respon positif terhadap penurunan kadar polusi pada perairan. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya keanekaragaman makrozoobentos pada perairan yang mengalami penurunan kadar pencemaran. Perbaikan atau pengurangan kadar pencemaran pada perairan dapat menurunkan dampak negatif pada lingkungan yang berujung pada pemulihan heterogenitas mikrohabitat makrozoobentos dan penggunaan perairan secara berkelanjutan.

Stasiun 2 yang berlokasi setelah sentral industri tahu memiliki nilai indeks keanekaragaman (H'=1,4506) nilai ini menurut (Fachrul, 2007) digolongkan dalam keanekaragaman sedang. Nilai dominansi pada stasiun 2 (D=0,3096) nilai ini menunjukkan tidak adanya genus yang mendominasi pada stasiun 2. Stasiun ini memiliki substrat pasir berlumpur. Aliran ini berada setelah daerah sentral industri tahu. Menurut Nugroho *et al*., (2019) limbah cair produksi tahu yang dibuang ke dalam perairan dapat meningkatkan kadar nitrogen pada perairan tersebut, selain itu limbah cair tahu masih mengandung beberapa kandungan organik lain seperti protein, lipid dan karbohidrat. Menurut Mazzoni *et al*., (2014) peningkatan material organik yang berasal dari limbah dapat menyebabkan penurunan spesies sensitif sehingga mengurangi kompetisi bagi organisme yang toleran. Psychodidae dapat ditemukan pada berbagai kualitas air namun umumnya banyak ditemukan pada perairan dengan pencemaran tinggi.

Stasiun 3 yang berlokasi setelah sentral industri tahu dan peternakan memiliki nilai indeks keanekaragaman (H'=0,7599) nilai ini menurut (Fachrul, 2007) digolongkan dalam keanekaragaman rendah. Nilai dominansi pada stasiun 2 (D=0,6158) nilai ini menunjukkan adanya genus yang mendominasi pada stasiun 3. Stasiun ini memiliki substrat pasir berlumpur dan tutupan pohon. Aliran ini berada setelah daerah sentral industri tahu dan peternakan. Aliran ini tercemar limbah cair tahu dan kotoran ternak. Menurut (O'Callaghan *et al*., 2018) limbah peternakan sangat berpengaruh terhadap makrozoobentos. Pengaruh tersebut disebabkan beberapa faktor meliputi meningkatnya sedimentasi, meningkatnya nutrien, berkurangnya

penetrasi cahaya, berkurangnya kadar oksigen, dan meningkatnya suhu air.

Menurut Menbohan *et al*., (2019) dominansi merefleksikan rendahnya kegiatan antropogenik yang berakibat pada perairan. Kebanyakan larva serangga akuatik sensitif terhadap populasi atau perubahan habitat. Limbah rumah tangga atau limbah antropogenik dapat menguntungkan beberapa ordo Diptera dengan banyak ditemukannya ordo tersebut pada perairan yang tercemar. Kemudian beberapa ordo sensitif seperti EPT hampir tidak ditemukan pada perairan tercemar. Hal ini menunjukkan kegiatan antropogenik berpengaruh terhadap komunitas makrozoobentos.

Mengacu pada pembahasan di atas, keanekaragaman makrozoobentos yang ditemukan memiliki manfaat sebagai indokator penilaian kualitas air sebgaimana firman Allah SWT dalam Al QS: Fathir [35]: 28):

وَمِنَ ٱلنَّاسِ وَٱلدَّوَآبِّ وَٱلْأَنْعَٰمِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَٰنُهُۥ كَذَٰلِكَ ۗ إِنَّمَا يَخْشَى ٱللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ ٱلْعُلَمَٰٓؤُا۟ ۗ إِنَّ ٱللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴿٢٨﴾

Artinya:
“Dan demikian (pula) di antara manusia, binatang-binatang melata dan binatang-binatang ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya). Sesungguhnya yang takut kepada Allah di antara hamba-hamba-Nya, hanyalah ulama. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun.” (QS: Al-Fathir [35]: 28)

Menurut tafsir As Sa’di (2002) ayat diatas menjelaskan berbagai perbedaan pada hewan seperti warna, suara dan bentuk yang dapat dilihat oleh mata, semuanya tercipta dari bahan yang sama. Perbedaan tersebut menunjukkan bukti atas kehendak Allah

SWT yang telah menganugerahkan keistemewaan pada setiap warna dan sifatnya. Perbedaan dan keragman yang Allah SWT ciptakan memiliki banyak kebaikan dan beragam manfaat. Menurut tafsir Ibnu Katsir ayat di atas menerangkan bahwa Allah menciptakan makhluk hidup termasuk binatang yang berbeda-beda ada yang berjalan dengan kakinya dan juga hewan melata. Keragaman makhluk hidup juga ditunjukkan dengan perbedaan warna meskipun masih berada dalam satu jenis (Abdullah, 2007)

Secara garis besar ayat di atas telah menjealaskan keanekaragaman hayati baik tumbuhan maupun hewan. Al-Quran memberikan isyarat atau petunjuk global seputar sains sehingga para ilmuwan dapat mengembangkan petunjuk-petunjuk tersebut menjadi ilmu sains melalui paradigma integrasi. Dari segi ontologis Al-quran menjelaskan terkait keanekaragaman hayati sebagai suatu anugerah yang telah diberika oleh Allah SWT. Semua keanekaragaman hayati yang telah tersedia di alam diperuntukkan untuk kebaikan manusia sebagai kholifah sehingga manusia sudah seharusnya untuk bersyukur atas semua yang telah diberikan dan memanfaatkannya sebaik mungkin (Mustaqim, 2015).

4.3 Parameter Fisika Kimia Air

Berdasarkan pengukuran parameter fisika kimia air pada stasiun 1 yang berlokasi dekat mata air, stasiun 2 yang berlokasi setelah sentral industri tahu dan stasiun 3 yang berlokasi setelah peternakan didapatkan nilai parameter fisika kimia (tabel 4.3) sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Parameter Fisika Kimia Air

Parameter	Stasiun		
	1	2	3
pH	6,82	6,99	6,73
TDS (mg/L)	197	289	293
Suhu (^oC)	28,4	30,9	29,4
Kecepatan Arus (m/s)	0,34	0,19	0,24
BOD (mg/L)	13,43	357	216,9
COD (mg/L)	44,57	929	827,6
DO (mg/L)	2,6	0,7	0,7

Keterangan: Stasiun 1: berlokasi dekat mata air, Stasiun 2 berlokasi setelah sentral industri tahu, Stasiun 3 berlokasi setelah sentral industri tahu dan peternakan.

Hasil pengukuran pH air memiliki nilai yang berbeda tiap stasiun berturut-turut 6,82, 6,99 dan 6,73. Nilai pH pada semua stasiun 1 dan 2 masih dalam batas wajar baku mutu air sungai berdasarkan PP No 22 Th 2021 sebesar 6-9. Adapun menurut Tampo *et al.* (2021) pH dianggap sebagai parameter penting dalam ekologi makrozoobentos akuatik. Makrozoobentos sensitif terhadap variasi pH dengan nilai di bawah 5 atau lebih dari 9 dianggap berbahaya.

Hasil pengukuran TDS memiliki nilai yang berbeda tiap stasiun berturut-turut 197, 289 dan 293 mg/L. Tingginya nilai TDS pada stasiun 2 dan 3 diakibatkan aliran tersebut sudah tercemar oleh limbah cair industtri. Nilai TDS tersebut masih dalam batas normal baku mutu air sungai berdasarkan PP No 22 Th 2021 dengan batas maksimal 1000 mg/L untuk kelas 1, hal ini sesuai dengan baku mutu air sungai menurut Menberu *et al.* (2021) sebesar 1000mg/L. Adapun menurut Nguyen & Cai (2019) TDS menunjukkan konsentrasi total dari substansi tang terlarut di dalam

air umumnya berupa garam anorganik dan material organik yang berukuran kecil. Selain itu menurut Oseke *et al.* (2021) nilai TDS pada musim hujan lebih tinggi karena polusi dari material organik, partikel tersuspensi, dan sapuan dari hujan.

Hasil pengukuran suhu stasiun 1 sampai 3 berturut-turut 28,4^{o}C, 30,9 ^{o}C 29,4 ^{o}C. Nilai suhu masih memenuhi baku mutu air sungai menurut PP No 22 Th 2021. Perbedaan suhu pada bentangan sungai menurut Petruzziello *et al.* (2021) sebagian besar disebabkan oleh regulasi hidrologi, ketinggian, dan debit. Stratifikasi suhu terjadi di lapisan yang lebih dalam, air lebih dingin dan lebih padat daripada di permukaan yang terus-menerus dipanaskan oleh radiasi matahari. Suhu air dipengaruhi oleh suhu udara tetapi air memiliki suhu inersia yang kuat karena kemampuan menyimpan suhu. Volume yang besar dan aliran pada perairan yang cepat dapat mengurangi efek dari pertukuran panas antara air dan udara. Menurut Bello *et al.* (2017) curah hujan, suhu udara, dan tutupan vegetasi juga dapat merubah kondisi suhu air.

Nilai kecepatan arus yang didapatkan pada stasiun 1 sampai 3 berturut-turut 0,34, 0,19 dan 0,24m/s sehingga menurut Huang *et al.* (2019) stasiun 2 dan 3 yang memiliki kecepatan antara 10-20 cm/s termasuk kedalam arus pelan, sedangkan stasiun 1 termasuk arus kecepatan sedang karena memiliki kecepatan diantara 30-60cm/s. Adapun menurut Herawati *et al.* (2020) kecepatan arus air dipengaruhi oleh topografi, sedimentasi, curah hujan, dan sampah atau benda lain yang ada di aliran air. Menurut Nguyen *et al.* (2018) kecepatan arus lebih dari 1 m/s memengaruhi jumlah jenis makrozoobentos yang ditemukan kecuali beberapa spesies toleran.

Hasil pengukuran nilai BOD (*Biochemical oxygen demand*) stasiun 1 sampai 3 berturut-turut 13,43, 357, dan 216,9. Nilai BOD pada stasiun 1, 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu air sungai dengan batas maksimal 12 berdasarkan PP No 22 Th 2021. Menurut Donoso *et al.* (2018) konsentrasi BOD strandar kualitas lingkungan yaitu 6 mg/L. Menurut Aniyikaiye *et al.* (2019) BOD merupakan sejumlah oksigen yang digunakan oleh mikroba untuk menguraikan komponen organik.

Hasil pengukuran nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) stasiun 1 sampai 3 berturut-turut 44,57, 929 dan 827,6. Nilai COD pada stasiun 1 memenuhi baku mutu air sungai untuk kelas 4, sedangkan untuk stasiun 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu air sungai dengan batas maksimal 80 berdasarkan PP No 22 Th 2021. Menurut Donoso *et al.* (2018) konsentrasi COD batas strandar kualitas lingkungan yaitu 30 mg/L. Menurut Aniyikaiye *et al.* (2019) COD merupakan ukuran oksigen setara komponen organik yang dapat dioksidasi oleh senyawa oksigen kuat. Nilai COD umumnya lebih besar dari nilai BOD karena beberapa material organik di dalam air resisten terhadap oksidasi mikroba dan dapat dengan mudah teroksidasi oleh secara kimia. Menurut Abidjulu (2019) Peningkatan nilai COD disebabkan oleh buangan limbah cair yang bersumber dari industri tahu yang membuang limbah langsung ke perairan tanpa melalui proses pengolahan yang baik.

Hasil pengukuran nilai DO stasiun 1 sampai 3 berturut-turut 2,6, 0,7, dan 0,7. Nilai DO pada stasiun 1 memenuhi baku mutu air sungai untuk kelas 3 berdasarkan PP No 2 Th 2021. Sedangkan untuk stasiun 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu air sungai dengan batas minimal 1mg/L. Nilai DO yang baik untuk kehidupan

akuatik menurut Custodio *et al.* (2018) lingkungan perairan tidak boleh memiliki nilai DO <5 mg/L. Menurut Bello *et al.* (2017) konsentrasi DO menurun di aliran sungai berhubungan secara paralel dengan peningkatan suhu air. Menurut Aniyikaiye *et al.* (2019) kadar DO sangat dipengaruhi oleh kadar BOD.

Keanekaragaman makrozoobentos dan parameter fisika kimia yang menurun telah menunjukkan menurunnya kualitas perairan. Kegiatan antropogenik di bentangan sungai telah memberikan dampak rusaknya ekosistem akuatik. Kecemasan terhadap kegiatan manusia yang merusak ekosistem telah tertuang secara implisit dalam Al Quran surat Al A'raf [7] 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا۟ فِى ٱلْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَٰحِهَا وَٱدْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ ٱللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ ٱلْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya:
"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah SWT) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah SWT amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik." (QS: Al A'raf [7]: 56)

Menurut tafsir As-Sa'di (2002) ayat diatas menjelaskan kerusakan di muka bumi dapat merusak akhlak, amal, dan rizki, sebagaimana firman Allah SWT "*telah Nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia*." Sebagaimana akhlak, amal rizki, keadaan dunia dan akhirat menjadi baik dengan ketaatan menjaga lingkungan. Ayat ini sangat tegas melarang merusak lingkungan sebagai kegiatan manusia yang hanya menuruti nafsu. Menurut tafsir Al Azhar ayat di atas

menerangkan bahwa seseorang yang membuat kerusakan sesudah adanya perbaikan itu lebih buruk daripada orang yang membuat kerusakan pada sesuatu yang telah rusak (Amrullah, 1990). Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa Allah telah melarang manusia untuk melakukan tindakan-tindakan yang menimbulkan kerusakan di bumi dan membahayakan kelestarian lingkungan.

Ayat di atas menjelasakan tugas manusia sebagai khalifah berasaskan pada aturan-aturan etis guna meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan alam. Bagian penting dari manusia dalam memelihara lingkungan hidup, khususnya air dan tidak melakukan perbuatan-perbuatan yang menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan (Departemen Agama RI, 2009). Sebaliknya kegiatan manusia yang bersifat eksploitatif dan destruktif akan menyebabkan hilangnya eksistensi makhluk hidup termasuk manusia dari muka bumi. Melakukan kegiatan-kegiatan yang dapat menimbulkan kerusakan pada keanekaagaman hayati berarti mengacuhkan ayat-ayat Allah SWT. Sebaliknya menjaga dan melestrikan lingkungan merupakan suatu indikator ketaqwaan seorang hamba yang berhubungan dengan keanekaagaman hayati (Mustaqim, 2015).

Petunjuk Al Quran terkait ayat di atas terkait masalah lingkungan sudah dijelaskan seperti yang tertuang dalam Chodijah (2020) berbagai penjelasan lingkungan yang tertera dalam Al-Quran, diantaranya lingkungan sebagai sistem, perintah menjaga lingkungan, himbauan dampak kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh manusia dan pengelolaan lingkungan dengan mengesampingkan ayat-ayat Allah SWT. Allah SWT telah memberikan petunjuk untuk bersikap ramah terhadap lingkungan.

Petunjuk ini menunjukkan kewajiban umat manusia untuk tetap memelihara dan melestarikan lingkungan, supaya tidak terjadi kerusakan sebagai bentuk tanggung jawab dalan mengemban amanah yang diberikan Allah SWT.

4.4 Korelasi Keanekaragaman Makrozoobentos dengan Parameter Fisika Kimia

Berdasarkan data jumlah genus dan data hasil pengukuran parameter fisika kimia air sungai, didapatkan nilai korelasi antara kedua parameter tersebut pada tabel 4.4. Nilai yang dikorelasikan berupa keanekaragaman makrozoobentos dengan parameter fisika berupa suhu, kecepatan arus dan TDS, untuk parameter kimia berupa pH, DO, BOD, dan COD.

TDS memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus Tubifex. Nilai korelasi sebesar -0.99982 menunjukkan adanya keterkaitan yang sangat erat (0,90-1,0). Korelasi negatif artinya konsentrasi TDS berbanding terbalik dengan keberadaan genus tersebut. Menurut Olson & Hawkins (2017) perbedaan fisiologis makrozoobentos menyebabkan perbedaan sifat toleran terhadap kadar TDS pada perairan.

Suhu memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus Psychoda. Nilai korelasi sebesar 0,92261 menunjukkan adanya keterkaitan yang sangat erat (0,90-1,0). Korelasi positif artinya suhu berbanding lurus dengan keberadaan genus tersebut. Menurut Scrine *et al.* (2017) suhu mengubah komunitas makrozoobentos, perbedaan suhu selalu ada yang mana setiap spesies yang berbeda memiliki perbedaan toleransi pada suhu. Ketika suhu meningkat, spesies yang dapat beradaptasi pada suhu hanyat mendominasi. Keanekaragaman makrozoobentos yang

tinggi umumnya pada aliran dengan suhu yang lebih dingin. Peningkatan suhu aliran menyebabkan peningkatan dominansi keong air tawar.

Tabel 4. 4 Korelasi Keanekaragaman Makrozoobentos dengan Parameter Fisika Kimia

Genus	pH	TDS	Suhu	Arus	BOD	COD	DO
Chironomus	-0,08214	-0,99839	-0,74375	0,91019	-0,87221	-0,98036	0,99562
Caridina	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Parathelphusa	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Tubifex	-0,11971	-0,99982	-0,76845	0,92518	-0,89006	-0,98711	0,99844
Crocothemis	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Pluerocera	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Melanoides	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Anontome	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Tarebia	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Sulcospira	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Carbicula	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Ischnura	-0,17491	-0,99932	-0,80296	0,94491	-0,91410	-0,99450	1
Brachydeutera	-0,61214	0,69832	0,09750	-0,39194	0,31334	0,59017	-0,67149
Telmatoscopus	-0,53333	0,76387	0,19268	-0,47853	0,40314	0,66501	-0,73958
Psychoda	0,40628	0,96122	0,92261	-0,99587	0,98474	0,99054	-0,97073
Eristalis	0,37929	0,96890	0,91090	-0,99278	0,97920	0,99414	-0,97736
Trichocera	0,17491	0,99932	0,80296	-0,94491	0,91410	0,99450	-1

Keterangan: pH berkorelasi sedang (+) dengan Brachydeutera, TDS berkorelasi kuat (-) dengan tubifex, Suhu dan BOD berkorelasi kuat (+) dengan Psychoda, Arus berkorelasi kuat (-) dengan Psychoda, COD berkolerasi kuat (-) dengan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan (+) dengan Trichocera. DO berkolerasi kuat (+) dengan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan (-) dengan Trichocera.

Kecepatan arus memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus Psychoda. Nilai korelasi sebesar -0,99587 menunjukkan adanya keterkaitan yang sangat erat (0,90-1,0). Korelasi negatif artinya kecepatan arus berbanding terbalik dengan keberadaan genus tersebut. Menurut Min & Kong (2020) arus yang lambat menyebabkan substrat menjadi halus. Pada arus lambat banyak ditemukan spesies dari oligochaeta dan chironomidae. Kecepatan arus berpengaruh pada variabel lain seperti bentuk substrat, ketersediaan makanan dan kadar DO.

BOD memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus Psychoda. Nilai korelasi sebesar 0,98474 menunjukkan adanya keterkaitan yang sangat erat (0,90-1,0). Korelasi positif artinya konsentrasi BOD berbanding lurus dengan keberadaan genus tersebut. Menurut Kullasoot *et al.* (2017) nilai BOD yang tinggi menunjukkan aliran yang tercemar oleh polutan organik yang mana berakibat pada penurunan nilai kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos. Menurut lee *et al.* (2020) Nilai BOD yang tinggi dapat mengurangi kehadiran spesies yang intoleran terhadap kadar oksigen terlarut yang rendah, sebaliknya spesies yang toleran terhadap oksigen rendah menjadi lebih banyak ditemukan.

COD memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan Trichocera. Nilai korelasi sebesar -0,99450 menunjukkan adanya keterkaitan yang sangat erat (0,90-1,0). Korelasi negatif artinya konsentrasi COD berbanding lurus dengan keberadaan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia,

Sulcospira, Corbicula, Ischnura. Sedangkan korelasi positif artinya konsentrasi COD berbanding terbalik dengan keberadaan Trichocera. Menurut Genanaw *et al*. (2021) COD merupakan nilai indikasi yang menunjukkan konsumsi oksigen untuk mereduksi substansi di dalam air. Penurunan kadar COD sejalan dengan peningkatan keanekaragaman dan kelimpahan organisme sensitif seperti kelompok Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera, Olighochaeta. Menurut Tampo *et al.* (2021) COD yang tinggi menunjukkan kekurangan kadar oksigen terlarut di dalam ekosistem perairan. Hal ini menunjukkan bahwa air telah tercemar.

DO memiliki nilai korelasi tertinggi dengan genus Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan Trichocera. Nilai korelasi sebesar +/-1 menunjukkan adanya keterkaitan yang sangat erat (0,90-1,0). Korelasi positif artinya konsentrasi DO berbanding lurus dengan keberadaan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura. Sedangkan korelasi negatif artinya konsentrasi DO berbanding terbalik dengan keberadaan Trichocera. Menurut Croijmans *et al.* (2021) keanekaragaman makrozoobentos berhubungan positif terhadap konsentrasi oksigen terlarut sebagaimana organisme tersebut dibatasi secara langsung oleh konsentrasi minimum oksigen, tetapi tidak begitu banyak dengan konsentrasi oksigen maksimum di alam.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Spesimen yang ditemukan pada aliran Kali Sumber Wayuh saat penelitian berjumlah 689 individu dan terdiri atas 17 genus, yaitu: Chironomus, Caridina, Parathelphusa, Tubifex, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura, Brachydeutera, Telmatoscopus, Psychoda, Eristalis, Trichocera.
2. Nilai indeks keanekaragaman Kali Sumber Wayuh secara kumulatif = 1,3697 (sedang), stasiun 1 yang berlokasi setelah mata air memiliki nilai indeks keanekaragaman 1,8986 (sedang), stasiun 2 yang berlokasi setelah sentral industri tahu memiliki nilai indeks 1,4506 (sedang). Stasiun 3 yang berlokasi setelah sentral industri tahu dan peternakan memiliki nilai indeks 0,7599 (rendah). Nilai indeks Dominansi stasiun 1 (0,1882), stasiun 2 (0,3069), stasiun 3 (0,6158).
3. Niai pH pada semua stasiun masih memenuhi baku mutu air sungai. Nilai TDS masih memenuhi baku mutu kualitas air sungai kelas 1. Suhu masih memenuhi baku mutu. Kecepatan Arus tergolong lambat. Nilai BOD pada stasiun 1, 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu air sungai. Nilai COD pada stasiun 1 memenuhi baku mutu air sungai untuk kelas 4, sedangkan untuk stasiun 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu. Nilai DO pada stasiun 1 memenuhi baku mutu air sungai untuk kelas 3, sedangkan untuk stasiun 2 dan 3 tidak memenuhi baku mutu.

4. pH berkorelasi sedang dengan Brachydeutera (r= -0,61214). TDS berkorelasi sangat kuat dengan Tubifex (r = -0,99982). Suhu memiliki berkorelasi sangat kuat dengan Psychoda. (r = 0,92261). Kecepatan arus berkorelasi sangat kuat dengan Psychoda (r = -0,99587). BOD berkorelasi sanagat kuat dengan Psychoda (r = 0,9847). COD berkolerasi sangat kuat negatif dengan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan positif dengan Trichocera (r= +/- 0,9945). DO berkolerasi sangat kuat positif keberadaan Caridina, Parathelphusa, Crocothemis, Pluerocera, Melanoides, Anontome, Tarebia, Sulcospira, Corbicula, Ischnura dan berkorelasi negatif dengan Trichocera (r = +/-1).

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penambahan pengukuran parameter sesuai dengan kondisi perairan seperti kadar nitrogen.
2. Perlu dipelajari lebih lanjut terkait penyimpanan sampel makrozoobentos dan sampel air.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. (2007). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Bogor: Pustaka Iman Asy-Syafi'i.

Abidin, Z. (2018). Studi Keanekaragaman dan Struktur Komunitas Perifiton di Perairan Sungai Coban Rondo Malang. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 1(2), 93-97.

Abidjulu, J., & Kolengan, H. S. (2019). Pengaruh Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Paal 4 Kecamatan Tikala Kota Manado. *Chemistry Progress*, 9(1).

Ahmed, H. K., & Kareem, D. K. (2019). Morphological study of three native Odonata species from Basrah Governorate–South of Iraq. International Journal of Bioscience. 14 (5), 144-155.

Aisyah, S., Soedarso, J., Satya, A., & Syawal, M. S. (2020). Relationship between the surface sediment substrate characteristic with the abundance of macrozoobenthos in River Ranggeh, West of Sumatra. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 535, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.*

Akatov, V. V., & Perevozov, A. G. (2011). The correlation between dominance level and local species richness: an analysis of the underlying causes by the example of the West Caucasian arboreal and avian communities. *Biology Bulletin Reviews*, 1(5), 432-445.

Alavaisha, E., Lyon, S. W., & Lindborg, R. (2019). Assessment of water quality across irrigation schemes: A case study of wetland agriculture impacts in Kilombero Valley, Tanzania. *Water*, 11(4), 671.

Ale-Rocha, R., & Ferreira-Keppler, R. L. (2018). Family Ephydridae. In Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (pp. 789-793). Academic Press.

Ali, M., & Rosyadi, H. I. (2020). Biomonitoring Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Air Sungai. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(1), 11-18.

Amper, R. A. L., Puno, G. R., & Puno, R. C. C. (2019). Rapid assessment of the riparian zone habitat of river. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(2), 175-190.

Amrullah, H. A. M. K. (1990). *Tafsir Al Azhar Jilid 7*. Singapura: Pustaka Nasional PTE LTD

Andreadis, T. G. (2005). *Identification guide to the mosquitoes of Connecticut* (No. 966). Connecticut Agricultural Experiment Station.

Angelier, E. (2019). *Ecology of streams and Rivers*. CRC Press.

Aniyikaiye, T. E., Oluseyi, T., Odiyo, J. O., & Edokpayi, J. N. (2019). Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria. *International journal of environmental research and public health*, 16(7), 1235.

Annawaty, A., Wowor, D., Farajallah, A., Setiadi, D., & Suryobroto, B. (2016). Habitat preferences and distribution of the freshwater shrimps of the genus Caridina (Crustacea: Decapoda: Atyidae) in Lake Lindu, Sulawesi, Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*, 23(2), 45-50.

Appleton, C. C., Forbes, A. T., & Demetriades, N. T. (2009). The occurrence, bionomics and potential impacts of the invasive freshwater snail Tarebia granifera (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Thiaridae) in South Africa. *Zoologische Mededelingen*, 83(4), 525-536.

As Sa'di, AR. 2002. *Taisirul Karim Ar-Rahman fii Tafsir Al-Kalam Al-Mannan.* Beirut: Resalah Publisher

As Syaikh, Sholih Bin Abdul Aziz. 2009. Tafsir Al Muyassar cetakan ke-2. Madinah:

Asmawati, H., Haeruddin, H., & Sulardiono, B. (2020). Analisis Status Mutu Air Sungai Siangker Berdasarkan Indeks Kualitas. *Management of Aquatic Resources Journal*, 8(4), 275-282.

Bae, M. J., Ham, S. N., Lee, Y. K., & Kim, E. J. (2021). Evaluation of Benthic Macroinvertebrate Diversity in a Stream of Abandoned Mine Land Based on Environmental DNA (eDNA) Approach. *Korean Journal of Ecology and Environment*, 54(3), 221-228.

Bello, D, A. A., Hashim, N. B., & Mohd Haniffah, M. R. (2017). Predicting impact of climate change on water temperature and dissolved oxygen in tropical rivers. Climate, 5(3), 58.

Bouchard, R.W., Jr. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. *Water Resources Center*, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 pp

Burdett, A. S., Fencl, J. S., & Turner, T. F. (2015). Evaluation of freshwater invertebrate sampling methods in a shallow

aridland river (Rio Grande, New Mexico). Aquatic Biology, 23(2), 139-146.

Camargo, J. A. (2019). Positive responses of benthic macroinvertebrates to spatial and temporal reductions in water pollution downstream from a trout farm outlet. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (420), 16.

Campoy, A., Pérez-Bañón, C., & Nielsen, T. R. (2017). Micromorphology of egg and larva of Eristalis fratercula, with an updated key of Eristalis species with known third instar larvae (Diptera: Syrphidae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 57(1), 215-227.

Cannings, R. A., & Doerksen, G. P. (1979). Description of the larva of Ischnura erratica (Odonata: Coenagriidae) with notes on the species in British Columbia. The Canadian Entomologist, 111(3), 327-331.

Chodijah, S., & Ratnasari, J. (2020). Kerusakan Lingkungan Menurut Sains Dan Ahmad Mustafa Al-Maraghi (Studi Tafsir al-Maraghi Pada Surat Al-Rum ayat 41, Al-Mulk ayat 3-4 dan Al-A'raf ayat 56). *Al-Tadabbur: Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir*, 5(01), 121-136.

Correa-Araneda, F., Núñez, D., Díaz, M. E., Gómez-Capponi, F., Figueroa, R., Acuña, J & Esse, C. (2021). Comparison of sampling methods for benthic macroinvertebrates in forested wetlands. *Ecological Indicators*, 125, 107551.

Croijmans, L., De Jong, J. F., & Prins, H. H. T. (2021). Oxygen is a better predictor of macroinvertebrate richness than temperature—a systematic review. *Environmental Research Letters*, 16(2), 023002.

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.

Daly, A. J., Baetens, J. M., & De Baets, B. (2018). Ecological diversity: measuring the unmeasurable. *Mathematics*, 6(7), 119.

Departemen Agama RI. (2009). *Pelestarian Lingkungan Hidup.* Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an

Departemen Agama RI. (2010). *Penciptaan Bumi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains (Tafsir 'Ilmi)*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an

DLH. (2021). Laporan Akhir Up Date dan Pemetaan Sumber Mata Air Kota Blitar.

Dunca, A. M. (2018). Water pollution and water quality assessment of major transboundary rivers from Banat (Romania). *Journal of Chemistry*, 2018.

Dwiyanto, D., Farajallah, A., & Annawaty, A. (2020). Notes on the distribution of Caridina sulawesi, an endemic freshwater shrimp from Sulawesi, Indonesia. *In BIO Web of Conferences* (Vol. 19, p. 00001). EDP Sciences.

Emmert-Streib, F., & Dehmer, M. (2019). Understanding statistical hypothesis testing: The logic of statistical inference. Machine Learning and Knowledge Extraction, 1(3), 945-961.

Fachrul, M. F. (2007). *Bioecology sampling method*. Jakarta: Bumi Aksara (in Indonesian).

Fenoglio, S., Tierno de Figueroa, J. M., Doretto, A., Falasco, E., & Bona, F. (2020). Aquatic Insects and Benthic Diatoms: A History of Biotic Relationships in Freshwater Ecosystems. *Water*, 12(10), 2934.

Freimark, C., Jameson, E., Jubera, K., & Schneider, B. (2017). Effect of abiotic factors on the diversity and abundance of aquatic macroinvertebrates in the east and west branches of the Maple River, Michigan, USA.

Gaskill, J. A. (2014). Examining the effects of pH and macrophyte diversity on benthic macroinvertebrate assemblages in Adirondack Lakes. *Honors Theses*. 35

Gazali, I., Widiatmono, B. R., & Wirosoedarmo, R. (2013). Evaluasi dampak pembuangan limbah cair pabrik kertas terhadap kualitas air Sungai Klinter Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2), 1-8.

Genanaw, W., Kanno, G. G., Derese, D., & Aregu, M. B. (2021). Effect of Wastewater Discharge from Coffee Processing Plant on River Water Quality, Sidama Region, South Ethiopia. *Environmental Health Insights*, 15, 11786302211061047.

Gerber, A., & Gabriel, M. J. M. (2002). *Aquatic invertebrates of South African rivers field guide*. Institute for Water Quality Studies Department of Water Affairs and Forestry.

Ghani, M. A., & Saudi, A. S. M. (2017). Water flow measuring methods in small hydropower for streams and rivers-A study. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(24), 14484-14489.

Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Diakses dari https://www.gbif.org pada tanggal 15 November 2021.

Goi, C. L. (2020). The river water quality before and during the Movement Control Order (MCO) in Malaysia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100027.

Griffith, T., & Gillett-Kaufman, J. (2018). Drain Fly Psychoda spp.(Insecta: Diptera: Psychodidae). *EDIS*, 2018(6).

Gugliotta, M., & Saito, Y. (2019). Matching trends in channel width, sinuosity, and depth along the fluvial to marine transition zone of tide-dominated river deltas: The need for a revision of depositional and hydraulic models. *Earth-Science Reviews,* 191, 93-113.

Habib, S., & Yousuf, A. R. (2016). Freshwater zoobenthic species: role in biomonitoring and ecological processes-a review. *Annals of Aquaculture and Research*. 3 (1), 1015

Hadiputra, M. A., & Damayanti, A. (2013). Kajian potensi makrozoobentos sebagai bioindikator pencemaran logam berat tembaga (Cu) di kawasan ekosistem mangrove Wonorejo Pantai Timur Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII*. 27.

Hakim, L., & Munawir, M. (2020). Kesadaran Ekologi Dalam Al-Qur'an: Studi Penafsiran Al-Razi Pada Qs. Al-Rum (30): 41. *TAFSE: Journal of Qur'anic Studies*, 5(2), 51-63.

Hamid, S AB., & Rawi, C. S. M. (2017). Application of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in water quality assessment of Malaysian headwater. *Tropical life sciences research*, 28(2), 143.

Harahap, A., Barus, T. A., Mulya, M. B., & Ilyas, S. (2018). Macrozoobenthos diversity as bioindicator of water quality in the Bilah river, Rantauprapat. *In Journal of Physics: Conference Series*. 1116 (5).

Heilprin, D. J., Phillips, C. R., & Basmadjian, E. (2002). Fly larvae in wastewater discharges: a potential source of food and organochlorine contaminants for some Southern California fishes. *Environmental biology of fishes*, 65(3), 349-357.

Herawati, H., Patria, E., Hamdani, H., & Rizal, A. (2020). Macrozoobenthos diversity as a bioindicator for the pollution

status of Citarik River, West Java. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 535, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

Huang, J., Huang, L., Wu, Z., Mo, Y., Zou, Q., Wu, N., & Chen, Z. (2019). Correlation of fish assemblages with habitat and environmental variables in a headwater stream section of Lijiang River, China*. Sustainability*, 11(4), 1135.

Hussain, Q. A. (2012). Macroinvertebrates in streams: a review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(7), 114-123.

Ikomi, R. B., Arimoro, F. O., & Odihirin, O. K. (2005). Composition, distribution and abundance of macroinvertebrates of the upper reaches of River Ethiope, Delta State, Nigeria*. The Zoologist*, 3, 68-81.

IKPLHD. (2018). *Informasi Kinerja Lingkungan Hidup Daerah Kota Blitar Tahun 2018*. Pemerintah Kota Blitar Dinas Lingkungan Hidup Kota Blitar 2018

Indarmawan, T., & Manan, A. (2011). Pemantauan Lingkungan Estuaria Perancak Berdasarkan Sebaran Makrzoobenthos. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelaut*an, 3(2), 215-220

Integrated Taxonomic Information System (ITIS) on-line database. Diakses dari http://www.itis.gov/ pada tanggal 15 November 2021.

Iskandar, J. (2015). Keanekaragaman Hayati Jenis Binatang: Manfaat Ekologi bagi Manusia. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Isnaningsih, N. R., Basukiriadi, A., & Marwoto, R. M. (2018). The Morphology and Ontogenetic Of Tarebia Granifera (Lamarck, 1822) From Indonesia (Gastropoda: Cerithioidea: Thiaridae). *Treubia*, 44, 1-14

Istianah, I. (2015). Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup dalam Perspektif Hadis. *Riwayah*, 1(2), 249-270

Jiménez-Guri, E., Wotton, K. R., Gavilán, B., & Jaeger, J. (2014). A staging scheme for the development of the moth midge Clogmia albipunctata. PLoS One, 9(1), e84422.

Johnson, R. K., Aagaard, K., Aanes, K. J., Friberg, N., Gislason, G. M., Lax, H., & Sandin, L. (2001). Macroinvertebrates. *Biological Monitoring in Nordic Rivers and Lakes. TemaNord*, 513, 43-52.

Kartikasari, D. (2013). Application of water quality and ecology indices of benthic macroinvertebrate to evaluate water

quality of tertiary irrigation in Malang District. *Journal of Tropical Life Science*, 3(3), 193-201.

Keiper, J. B., & Walton, W. E. (2000). Biology and immature stages of Brachydeutera sturtevanti (Diptera: Ephydridae), a hyponeustic generalist. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3), 468-475.

Kianpoor Kalkhajeh, Y., Jabbarian Amiri, B., Huang, B., Henareh Khalyani, A., Hu, W., Gao H., & Thompson, M. L. (2019). Methods for sample collection, storage, and analysis of freshwater phosphorus. *Water*, 11(9), 1889.

Klem, C. C., & Gutierrez-Fonseca, P. E. (2017). CO2-driven experimental acidification effects on aquatic macroinvertebrates in a tropical stream. *Journal of Freshwater Ecology*, 32(1), 199-208.

Koperski, P. (2011). Diversity of freshwater macrobenthos and its use in biological assessment: a critical review of current applications. *Environmental reviews*. 19, 16-31.

Kramer-Wilt, E. (2008). Corbicula fluminea (OF Müller, 1774)–Asian Clam. Aquatic Invasion Ecology Fall. Depts. Washington.

Krisanti, M., Maknuun, L. L. I., Anzani, Y. M., Yuwono, A. S., Widyastuti, R., Wardiatno, Y., & Wulandari, D. (2020). A comparative study on macroinvertebrates community in three rivers of Jawa Island, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation,* 13(2), 570-581.

Kriska, G. (2013). *Freshwater invertebrates in Central Europe: a field guide*. Springer Science & Business Media.

Kullasoot, S., Intrarasattayapong, P., & Phalaraksh, C. (2017). Use of benthic macroinvertebrates as bioindicators of anthropogenic impacts on water quality of Mae Klong River, Western Thailand. *Chiang Mai Journal of Science*, 44(4), 1356-1366.

Kvifte, G. M., Wagner, R., Kirk-Spriggs, A. H., & Sinclair, B. (2017). 24. Psychodidae (sand flies, moth flies or owl flies). Manual of Afrotropical Diptera, 2, 607-632.

Lee, J. W., Lee, S. W., An, K. J., Hwang, S. J., & Kim, N. Y. (2020). An estimated structural equation model to assess the effects of land use on water quality and benthic macroinvertebrates in streams of the Nam-Han River System, South Korea. *International journal of environmental research and public health*, 17(6), 2116.

Liza, S. N., & Mollah, M. F. A. (2016). Identification of genera of tubificid worms in Bangladesh through morphological study. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 2(1), 27-32.

Lohbeck, M., Bongers, F., Martinez-Ramos, M., & Poorter, L. (2016). The importance of biodiversity and dominance for multiple ecosystem functions in a human-modified tropical landscape. *Ecology*, 97(10), 2772-2779.

Ma, Z., & Ellison, A. M. (2018). A unified concept of dominance applicable at both community and species scales. *Ecosphere*, 9(11).

Mabidi, A., Bird, M. S., & Perissinotto, R. (2017). Distribution and diversity of aquatic macroinvertebrate assemblages in a semi-arid region earmarked for shale gas exploration (Eastern Cape Karoo, South Africa). *PloS one*, 12(6), e0178559.

Marquina, D., Buczek, M., Ronquist, F., & Łukasik, P. (2021). The effect of ethanol concentration on the morphological and molecular preservation of insects for biodiversity studies. *PeerJ*, 9, e10799.

Maruru, S. (2012). Studi kualitas air sungai bone dengan metode biomonitoring (Suatu penelitian deskriptif yang dilakukan di Sungai Bone). *Public Health Journal*, 1(1), 37240.

Marwoto, R. M., & Isnaningsih, N. R. (2012). The freshwater snail genus Sulcospira Troschel, 1857 from Java, with description of a new species from Tasikmalaya, West Java, Indonesia (Mollusca: Gastropoda: Pachychilidae). *The raffles bulletin of zoology*, 60(1), 1-10.

Maryono, A. (2009). Kajian Lebar Sempadan Sungai (Studi Kasus Sungai-Sungai di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). Dinamika teknik Sipil. 9(1). 56-66

Mazzoni, A. C., Lanzer, R., & Schafer, A. (2014). Tolerance of benthic macroinvertebrates to organic enrichment in highland streams of northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26, 119-128.

McCluney, K. E., Poff, N. L., Palmer, M. A., Thorp, J. H., Poole, G. C., Williams, B. S., & Baron, J. S. (2014). Riverine macrosystems ecology: sensitivity, resistance, and resilience of whole river basins with human alterations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(1), 48-58.

Meisaroh, Y., Restu, I. W., & Pebriani, D. A. A. (2019). Struktur Komunitas Makrozoobenthos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Pantai Serangan Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1), 36-43.

Menberu, Z., Mogesse, B., & Reddythota, D. (2021). Evaluation of water quality and eutrophication status of Hawassa Lake based on different water quality indices. *Applied Water Science*, 11(3), 1-10.

Menbohan, S. F., Dzavi, J., Nzongang, C. K., à Ngon, E. B. B., & Ntchantcho, R. (2019). Impact of the anthropogenic activities on the diversity and structure of benthic macroinvertebrates in tropical forest stream. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 15(1), 280-292.

Min, J. K., & Kong, D. S. (2020). Distribution patterns of benthic macroinvertebrate communities based on multispatial-scale environmental variables in the river systems of Republic of Korea. *Journal of Freshwater Ecology*, 35(1), 323-347.

Musonge, P. L. S., Boets, P., Lock, K., Ambarita, M. N. D., Forio, M. A. E., & Goethals, P. L. (2020). Rwenzori Score (RS): A Benthic Macroinvertebrate Index for Biomonitoring Rivers and Streams in the Rwenzori Region, Uganda. *Sustainability*, 12(24), 10473.

Mustapha, A., Aris, A. Z., Juahir, H., Ramli, M. F., & Kura, N. U. (2013). River water quality assessment using environmentric techniques: case study of Jakara River Basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(8), 5630-5644.

Mustaqim, A. (2015). Etik Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati dalam Perspektif al-Qur'an". *Hermeneutik*. 9 (2).

Ng, T. H., Foon, J. K., Tan, S. K., Chan, M. K., & Yeo, D. C. (2016). First non-native establishment of the carnivorous assassin snail, Anentome helena (von dem Busch in Philippi, 1847). *BioInvasions Record*, 5(3).

Nguyen, C. T. T., & Cai, Y. (2019). Physicochemical characteristics of streams in Bukit Timah Nature Reserve, Singapore. Gard. Bull. Singapore, 71. *Suppl 1*, 491-556.

Nguyen, T. H. T., Forio, M. A. E., Boets, P., Lock, K., Damanik Ambarita, M. N., Suhareva, N & Goethals, P. (2018). Threshold responses of macroinvertebrate communities to stream velocity in relation to hydropower dam: A case study from the Guayas River basin (Ecuador). *Water*, 10(9), 1195.

Niesenbaum, R. A. (2019). The integration of conservation, biodiversity, and sustainability. *Sustainability*. 11 (17).

Nisa, Z. Z. (2017). Konsep Pengelolaan Air Dalam Islam. *Jurnal Penelitian*, 14(1), 77-88.

Nugroho, G. S. F., Sulistyaningrum, R., Melania, R. P., & Handayani, W. (2019). Environmental Analysis of Tofu Production in The Context of Cleaner Production: Case Study of Tofu Household Industries In Salatiga, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 2(2), 2.

O'Callaghan, P., Kelly-Quinn, M., Jennings, E., Antunes, P., O'Sullivan, M., Fenton, O., & Ó hUallacháin, D. (2018). Impact of Cattle Access to Watercourses: Literature Review on Behalf of the COSAINT Project. Environmental Protection Agency of Ireland: Wexford, Ireland.

Obolewski, K., Glińska-Lewczuk, K., Sidoruk, M., & Szymańska, M. M. (2021). Response of benthic fauna to habitat heterogeneity in a shallow temperate lake. *Animals*, 11(9), 2488.

Ochir, A., & Davaa, G. (2011). Application of index analysis to evaluate the water quality of the Tuul River in Mongolia. *Journal of Water Resource and Protection*, *2011*.

Octavina, C., Dewiyanti, I., Nurfadillah, N., Ulfah, M., Razi, N. M., Sakinah, R., & Agustiar, M. (2019). Community structure of macrozoobenthos in Lamnyong River, Aceh Province. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 348 (1)

Oktarian, N. (2016). Analisis Dampak Pembuangan Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Sifat Fisis Air Sungai Sumber Wayuh Kota Blitar. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5), 223-341.

Okude, G., Futahashi, R., Tanahashi, M., & Fukatsu, T. (2017). Laboratory rearing system for Ischnura senegalensis (Insecta: Odonata) enables detailed description of larval development and morphogenesis in dragonfly. *Zoological science*, 34(5), 386-397.

Olson, J. R., & Hawkins, C. P. (2017). Effects of total dissolved solids on growth and mortality predict distributions of stream macroinvertebrates. *Freshwater Biology,* 62(4), 779-791.

Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). *Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain*. Springer Science & Business Media.

Oseke, F. I., Anornu, G. K., Adjei, K. A., & Eduvie, M. O. (2021). Assessment of water quality using GIS techniques and water quality index in reservoirs affected by water diversion. *Water-Energy Nexus*, 4, 25-34.

Pal, A., Sinha, D. C., & Rastogi, N. (2012). Gerris spinolae Lethierry and Severin (Hemiptera: Gerridae) and Brachydeutera longipes Hendel (Diptera: Ephydridae): two effective insect bioindicators to monitor pollution in some tropical freshwater ponds under anthropogenic stress. *Psyche*, 2012.

Pelealu, G. V., Koneri, R., & Butarbutar, R. R. (2018). Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Air Terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 18(2), 97-102.

Petruzziello, A., Bonacina, L., Marazzi, F., Zaupa, S., Mezzanotte, V., & Fornaroli, R. (2021). Effects of high-altitude reservoirs on the structure and function of lotic ecosystems: a case study in Italy. *Hydrobiologia,* 848(7), 1455-1474.

Pfiester, M., & Kaufman, P. E. (2009). Drone fly, rat-tailed maggot Eristalis tenax (Linnaeus)(Insecta: Diptera: Syrphidae). *EDIS*, 2009(2).

Pinder, A. M., & Brinkhurst, R. O. (2000). A review of the Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) from Australian inland waters. *Memoirs of museum victoria*, 58(1), 39-75.

Podėnienė, V., RImšaIte, J., & PODĖNaS, S. (2010). Crane and winter flies (diptera: limoniidae, pediCiidae, triChoCeridae) assoCiated with fungi in lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 20(3), 232-241.

Potocka, M., & Krzemińska, E. (2018). Trichocera maculipennis (Diptera) an invasive species in Maritime Antarctica. *PeerJ*, 6, e5408.

Rahayu, D. M., Yoga, G. P., Effendi, H., & Wardiatno, Y. (2015). Penggunaan Makrozoobentos sebagai Indikator Status Perairan Hulu Sungai Cisadane, Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(1), 1-8.

Ramadhan, T. H., & Syahputra, E. S. Studi Jenis Capung (Odonata) Di Area Persawahan. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 9(4).

Ramly, N. (2016). Diversity and Characteristics of Macrozoobenthos In The Water Of Tompe River (A Study From Indonesia). *International Journal Of Chemtech Research*, 9(11), 71-79.

Rawat, U. S., & Agarwal, N. K. (2015). Biodiversity: concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, 16(3), 19-28.

Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., & Pangestu, D. A. (2016). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Empat Muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 9(1), 57-65.

Rufusova, A., Beracko P., Bulankova E. (2017). *Benthic Invertebrates and Their Habitats.* Publisher: Comenius University in Bratislava

Sahidin, A., Zahidah, Z., Herawati, H., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., & Partasasmita, R. (2018). Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(3), 1123-1129.

Sahidin, A., Zahidah, Z., Herawati, H., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., & Partasasmita, R. (2018). Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 19(3), 1123-1129.

Santoso, M. A. F. (2014). Air Dan Pemeliharaannya Dalam Perspektif Islam. *Tarjih: Jurnal Tarjih dan Pengembangan Pemikiran Islam*, 12(1), 97-114.

Sarkar, S. D., Mandal, D. S., & Banerjee, D. (2018). First report of drain fly, Telmatoscopus albipunctata (Vaillant, 1972) (Diptera: Psychodidae): causative agent of a rare urinary myiasis from India. *JMSCR*, 6(8), 70-74.

Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 72-82.

Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768.

Scrine, J., Jochum, M., Ólafsson, J. S., & O'Gorman, E. J. (2017). Interactive effects of temperature and habitat complexity on freshwater communities. *Ecology and evolution*, 7(22), 9333-9346.

Shihab, M Quraish. (2002). *Tafsir Al-Misbah*. Jakarta: Lentera Hati. Vol 5.

Sidabutar, N. V., Namara, I., Hartono, D. M., & Soesilo, T. E. B. (2017). The effect of anthropogenic activities to the decrease of water quality. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 67 (1), p. (012034). IOP Publishing.

Siddig, A. A., Ellison, A. M., Ochs, A., Villar-Leeman, C., & Lau, M. K. (2016). How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators. *Ecological Indicators*, 60, 223-230.

Simpson, S. L., Campana, O., & Ho, K. T. (2016). Sediment toxicity testing. *In Marine ecotoxicology* (pp. 199-237). Academic Press.

Singh, J., Yadav, P., Pal, A. K., & Mishra, V. (2020). Water pollutants: Origin and status. In Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material. Singapore: Springer.

Singh, S., & Sharma, R. C. (2020). Monitoring of benthic macro invertebrates as bio indicator for assessing the health of the high altitude wetland Dodi Tal, Garhwal Himalaya, India. *Biodiversity Int J*, 4(4), 164-173.

Spyra, A. (2017). Acidic, neutral and alkaline forest ponds as a landscape element affecting the biodiversity of freshwater snails. *The Science of Nature*, 104(9), 1-12.

Suharto, B. (2014). Analisa Kualitas Perairan Sungai Klinter Nganjuk Berdasarkan Parameter Biologi (Plankton). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 36-42.

Susilo, V. E., Fadillah, N., Narulita, E., & Wowor, D. (2020, February). Diversity of freshwater shrimp (decapoda) from bandealit rivers meru betiri national park, East Java, Indonesia. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1465, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

Susilo, V. E., Wowor, D., & Abror, M. N. (2020, February). Diversity of freshwater crab (decapoda) in meru betiri national park. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1465, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

Sutanto, A., & Purwasih, P. (2015). Analisis Kualitas Perairan Sungai Raman Desa Pujodadi Trimurjo sebagai Sumber Belajar Biologi SMA pada Materi Ekosistem. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 6(1).

Tampo, L., Kaboré, I., Alhassan, E. H., Ouéda, A., Bawa, L. M., & Djaneye-Boundjou, G. (2021). Benthic Macroinvertebrates as Ecological Indicators: Their Sensitivity to the Water Quality and Human Disturbances in a Tropical River. *Frontiers in Water*, 108.

Tennessen, K. J. (2019). *Dragonfly nymphs of North America: an identification guide*. Springer.

Thorp, J. H., & Covich, A. P. (Eds.). (2009). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic press.

Thorp, J. H., & Rogers, D. C. (Eds.). (2015). Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. London: Elsevier.

Todd, J., Genner, M., & Michel, E. (2008). A brief identification guide to Melanoides snail lineages ('species') of Lake Malawi and the surrounding region. *Natural History Museum*, London, UK.

Ulfah, Y., Widianingsih, W., & Zainuri, M. (2012). Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Wilayah Morosari Desa Bedono Kecamatan Sayung Demak. *Journal of Marine Research*, 1(2), 188-196.

Umar, D. M., Harding, J. S., & Winterbourn, M. J. (2013). *Freshwater Invertebrates of the Mambilla Plateau, Nigeria*. School of Biological Sciences, University of Canterbury.

Vause, B. J., Morley, S. A., Fonseca, V. G., Jażdżewska, A., Ashton, G. V., Barnes, D. K & Peck, L. S. (2019). Spatial and temporal dynamics of Antarctic shallow soft-bottom benthic communities: ecological drivers under climate change. *BMC ecology*, 19(1), 1-14.

Venkatesharaju, K., Ravikumar, P., Somashekar, R. K., & Prakash, K. L. (2010). Physico-chemical and bacteriological investigation on the river Cauvery of Kollegal stretch in Karnataka. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, *6*(1), 50-59.

Vogler, R. E., Núñez, V., Gregoric, D. G., Beltamino, A. A., & Peso, J. G. (2012). Melanoides tuberculata: The history of an invader. Snails: Biology, ecology and conservation (EM

Hämäläinen & S. Järvinen, eds). *Nova Science Publishers, New York*, 65-84.

Vyas, V., Bharose, S., Yousuf, S., & Kumar, A. (2012). Distribution of macrozoobenthos in river Narmada near water intake point. *Journal of Natural Sciences Research*, 2(3), 18-24.

Wan, J., Bu, H., Zhang, Y., & Meng, W. (2013). Classification of rivers based on water quality assessment using factor analysis in Taizi River basin, northeast China. *Environmental earth sciences*, 69(3), 909-919.

Wang, G. P., Zhang, T., Zhang, J., Li, D. L., & Xiao, T. Y. (2014). Morphological and molecular differentiation of genus Corbicula suggests that two species are sympatrically distributed in Datong Lake in the Central Yangtze River Basin. *Zoological Studies*, 53(1), 1-8.

Whelan, N. V., & Strong, E. E. (2016). Morphology, molecules and taxonomy: extreme incongruence in pleurocerids (G astropoda, C erithioidea, P leuroceridae). *Zoologica Scripta*, 45(1), 62-87.

Wimbaningrum, R., Indriyani, S., Retnaningdyah, C., & Arisoesilaningsih, E. (2016). Monitoring water quality using biotic indices of benthic macroinvertebrates along surfaces water ecosystems in some tourism areas in East Java, Indonesia. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*, 4(2), 81-90.

Yeo, D. C., & Ng, P. K. (2007). On the genus “Potamon” and allies in Indochina (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Potamidae). *Raffles Bulletin of Zoology*, 16(2), 273-308.

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.

Zolkefli, N., Sharuddin, S. S., Yusoff, M. Z. M., Hassan, M. A., Maeda, T., & Ramli, N. (2020). A Review of Current and Emerging Approaches for Water Pollution Monitoring. *Water*, 12(12), 3417.

AMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan

Lampiran 2. Kegiatan Sampling

Lampiran 3 Perhitungan

Alpha diversity indices

Numbers | Plot

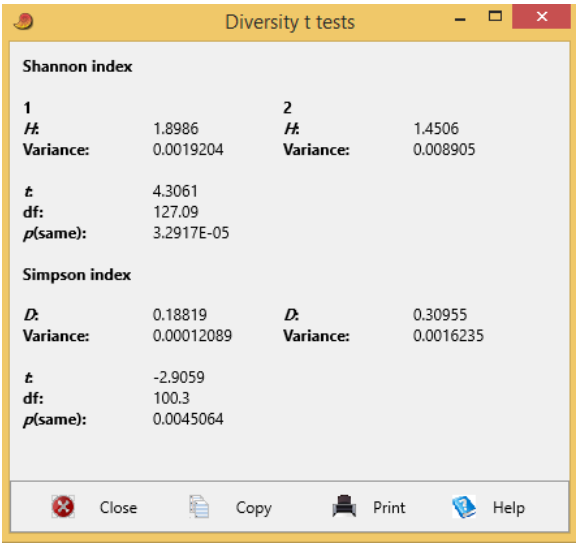
	1	2	3
Taxa_S	12	7	7
Individuals	348	87	254
Dominance_D	0,1882	0,3096	0,6158
Simpson_1-D	0,8118	0,6904	0,3842
Shannon_H	1,899	1,451	0,7599
Evenness_e^H/S	0,5564	0,6094	0,3054
Brillouin	1,836	1,334	0,7221
Menhinick	0,6433	0,7505	0,4392
Margalef	1,88	1,344	1,084
Equitability_J	0,7641	0,7455	0,3905
Fisher_alpha	2,41	1,794	1,332
Berger-Parker	0,3161	0,4943	0,7638
Chao-1	15	7	8

Bootstrap N: 9999 Bootstrap type: None Unbiased Recompute

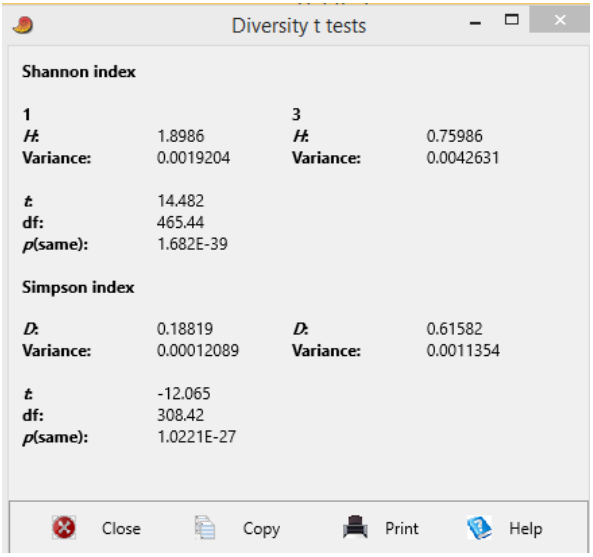
Close Copy Print Help

Lampiran 4 Uji T Keanekaragaman

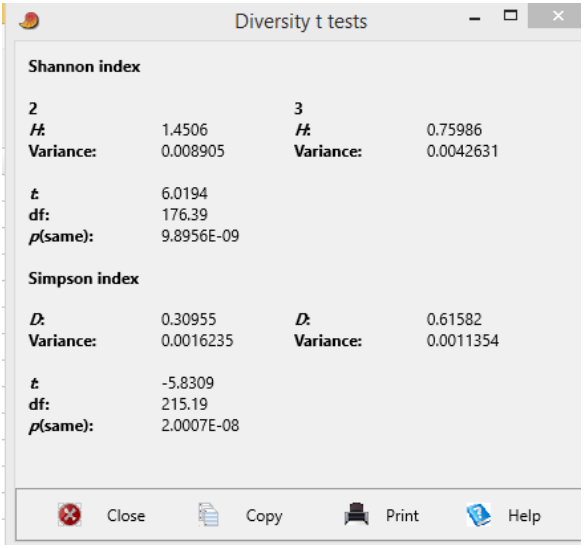
Stasiun 1 dan 2



Stasiun 1 dan 3



Stasiun 2 dan 3



Lampiran 5. Hasil Uji Lab

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 : 9084 S/LL MLG/XI/2021

Uraian Contoh Uji *Description of Sample*	: Stasiun 1
Metode Pengambilan Contoh Uji *Sample Method*	: -
Tempat Analisa *Place of Analysis*	: Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Tanggal Analisa *Testing Date(s)*	: 12 - 28 Oktober 2021

HASIL ANALISA
Result of Analisys

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	pH	-	6.82	-	SNI 06-6989.11.2004	Analisa di Lab
2	BOD	mg/L	13.43	-	APHA 5210 B-2017	
3	COD (Spektro)	mg/L	44.57	-	SNI 6989.2.2009	
4	Oksigen terlarut	mg O2/L	2.6	-	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 terpisah 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 Waler Quality LaboraJory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

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
Komite Akreditasi Nasional
Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 9083 S/LL MLG/XI/2021

Uraian Contoh Uji *Description of Sample*	: Stasiun 2
Metode Pengambilan Contoh Uji *Sample Method*	: -
Tempat Analisa *Place of Analysis*	: Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Tanggal Analisa *Testing Date(s)*	: 12 - 28 Oktober 2021

HASIL ANALISA
Result of Analisys

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	pH	-	6.99	-	SNI 06-6989.11.2004	Analisa di Lab
2	BOD	mg/L	357.0	-	APHA 5210 B-2017	
3	COD (Spektro)	mg/L	929.6	-	SNI 6989.2.2009	
4	Oksigen terlarut	mg O2/L	0.7	-	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 terpisah 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 LaboraJory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

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 Pengujji
LP - 227 - IDN

Nomor : 9085 S/LL MLG/XI/2021

Uraian Contoh Uji *Description of Sample*	: Stasiun 3
Metode Pengambilan Contoh Uji *Sample Method*	: -
Tempat Analisa *Place of Analysis*	: Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Tanggal Analisa *Testing Date(s)*	: 12 - 28 Oktober 2021

HASIL ANALISA
Result of Analisys

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	pH	-	6.73	-	SNI 06-6989.11.2004	Analisa di Lab
2	BOD	mg/L	216.9	-	APHA 5210 B-2017	
3	COD (Spektro)	mg/L	827.6	-	SNI 6989.2.2009	
4	Oksigen terlarut	mg O2/L	0.7	-	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 terpisah 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 LaborаJory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Lampiran 6 Lembar Konsultasi

Lampiran 1 Lembar Konsultasi

KEMENTERIAN 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 : Avicenna Al Zahrawi
NIM : 17620056
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Genap TA 2020/2021
Pembimbing : Prof. Dr. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si
Judul Skripsi : Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Sumbe Sumber Wayuh Kota Blitar

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	15 Februari 2021	Sosialisasasi Riset	
2.	20 Februari 2021	Konsultasi Bab 1	
3.	09 Maret 2021	Konsultasi Bab 1	
4.	29 Maret 2021	Konsultasi Bab 1dan 2	
5.	07 April 2021	Konsultasi Bab 1dan 2	
6.	12 April 2021	Konsultasi Bab 1, 2, dan 3	
7.	07 Mei 2021	Konsultasi Bab 1, 2, dan 3	
8.	17 Mei 2021	ACC proposal	
9	23 November 2021	Konsultasi Bab 4	
10	30 November 2021	Konsultasi Bab 4-5, ACC	

Malang, Desember 2021

Pembimbing Skripsi

Prof. Dr. Bayyinatul M., M.Si
NIP. 19710919 200003 2 001

Ketua Program Studi

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

Lampiran 7 Kartu Konsultasi Agama

Lampiran 2 Kartu Konsultasi Agama

KEMENTERIAN 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 : Avicenna Al Zahrawi
NIM : 17620056
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Genap TA 2020/2021
Pembimbing : Mujahidin Ahmad, M.Sc
Judul Skripsi : Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Sumbe Sumber Wayuh Kota Blitar

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	28 April 2021	Integrasi Bab 1-2	
2.	14 Mei 2021	Revisi Integrasi Bab 1-2	
3.	17 Mei 2021	Acc Proposal	
4	30 Nov 2021	Integrasi Bab 4	
5	2 Des 2021	Integrasi Bab 1-4, ACC	

Malang, Desember 2021

Pembimbing Skripsi

Mujahidin Ahmad, M.Sc
NIP. 19860512 201903 1 002

Ketua Program Studi

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

Lampiran 8 Cek Plagiasi

Lampiran 3 Cek Plagiasi

KEMENTERIAN 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

Form Checklist Plagiasi

Nama : Avicenna Al Zahrawi
NIM : 17620056
Program Studi : S1 Biologi
Judul Skripsi : Keanekaragaman Makrozoobentos di Kali Sumbe Sumber Wayuh Kota Blitar

No	Tim Check Plagiasi	Skor Plagiasi	Tanggal	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc			
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc			
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si			
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	16%	5 Des 2021	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

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