

**KEANEKARAGAMAN MAKROINVERTEBRATA SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI TANGKA KECAMATAN
TOMBOLOPAO KABUPATEN GOWA SULAWESI SELATAN**

*MACROINVERTEBRATE DIVERSITY AS A BIOINDICATOR OF TANGKA
RIVER WATER QUALITY TOMBOLOPAO DISTRICT GOWA REGENCY
SOUTH SULAWESI*

**NURMAN
H052192002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**KEANEKARAGAMAN MAKROINVERTEBRATA SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI TANGKA KECAMATAN
TOMBOLOPAO KABUPATEN GOWA SULAWESI SELATAN**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Biologi

Disusun dan diajukan oleh

NURMAN

H052192002

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS**KEANEKARAGAMAN MAKROINVERTEBRATA SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI TANGKA KECAMATAN
TOMBOLOPAO KABUPATEN GOWA****NURMAN**

NIM: H052192002

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada Tanggal 21 Juli 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

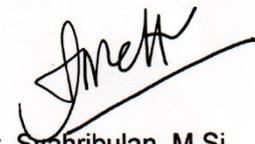
Menyetujui

Pembimbing Utama



Dr. Anbeng, M.Si
NIP. 196507041992031004

Pembimbing Pendamping



Dr. Syahribulan, M.Si
NIP. 19670827997022001

Ketua Program Studi
Biologi S2

Dr. Juhriah, M.Si
NIP. 196312311988031003

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin

Dr. Eng. Amiruddin, M.Si
NIP. 197205151997021002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul Keanekaragaman Makroinvertebrata sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Tangka Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr. Ambeng, M.Si. dan Dr. Syahribulan, M.Si. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal Aquatic Ecosystem Health & Management sebagai artikel dengan judul "Macroinvertebrate diversity and physicochemical factors as bioindicators of water quality in the Tangka River Gowa Regency South Sulawesi".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.



Makassar, 21 Juli 2023

Nurman
NIM. H052192002

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT yang dengan izin-Nya sehingga tesis dengan judul “Keanekaragaman Makroinvertebrata sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Tangka Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan” dapat diselesaikan dengan baik dan penuh rasa bangga.

Tesis ini disusun sebagai salah satu bentuk komitmen dan kecintaan kami terhadap dunia ilmu pengetahuan dan kontribusi penting terhadap perkembangan dunia sains. Tesis ini juga disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Magister Biologi Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis ingin menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam penyusunan karya ilmiah ini. Pertama-tama kami ingin mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada kedua orangtua kami Marang Nyompa dan Nurhayati Mammi serta kedua saudara kami Nurulwahda Marang dan Nurhidayat Marang.

Ucapan Terima kasih kepada Dr. Ambeng, M.Si dan Dr. Syahribulan M.Si yang telah memberikan arahan, panduan, serta wawasan berharga yang menginspirasi dan membimbing kami sepanjang proses penelitian. Demikian pula kami ucapkan terimakasih dan penghormatan kepada Dr. Zohra Hasyim, M.Si., Dr. A. Masniawati, M.Si dan Dr. Zaraswati DZ M.Si., yang turut memberikan masukan terhadap perbaikan tesis ini.

Ucapan terimakasih yang tulus dan penghormatan setinggi-tingginya ingin kami sampaikan kepada Pimpinan Universitas Hasanuddin, Pimpinan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan secara khusus kepada Pimpinan Program Studi Magister Biologi atas dukungan dan kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menempuh pendidikan magister di Universitas ini. Kami menghargai dedikasi dan komitmen Universitas dalam menghadirkan lingkungan akademik yang inspiratif serta kesempatan untuk berkontribusi dalam bidang ilmu biologi. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh dosen program studi Magister Biologi atas ilmu pengetahuan, pengalaman dan wawasan yang telah dibagikan kepada kami, Bapak/Ibu adalah pilar penting dalam perjalanan kami menggapai pengetahuan yang lebih mendalam. Para staff dan karyawan, kami mengapresiasi upaya dan kerja keras yang telah diberikan untuk menjaga kelancaran berjalannya program studi dan membantu kami dalam berbagai hal administratif.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kolega, teman-teman dan rekan-rekan peneliti serta seluruh pihak yang turut

berkontribusi dan membantu dalam berbagai ide, diskusi serta dukungan moral. Semangat kolektif ini telah memberikan inspirasi dan memperkaya pandangan kami terhadap topik yang kami teliti.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan pengembangan keilmuan di bidangnya. Harapan kami, dapat memberikan sumbangsih kecil yang berarti bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan kemanfaatan bagi masyarakat.

Penulis

Nurman
H052192002

ABSTRAK

NURMAN. Keanekaragaman Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Tangka Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa (dibimbing oleh Ambeng dan Syahribulan).

Monitoring kualitas air menggunakan makroinvertebrata penting dilakukan untuk melihat kaitan antara aktivitas antropogenik di sekitar daerah aliran sungai dengan kualitas lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman dan struktur komunitas makroinvertebrata serta mengetahui kualitas air sungai dengan menggunakan bioindikator makroinvertebrata serta parameter fisik dan kimia. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai November 2022 di Sungai Tangka Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel makroinvertebrata dan pengukuran faktor fisik dan kimia dilakukan pada 5 stasiun pengamatan. Gambaran struktur komunitas makroinvertebrata dianalisis dengan menggunakan indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, indeks dominansi dan indeks biotik (FBI, BMWP-ASPT, kelimpahan EPT). Korelasi antara parameter lingkungan dan keberadaan famili makroinvertebrata dianalisis dengan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA). Hasil penelitian ini menunjukkan indeks keanekaragaman (H') makroinvertebrata dari kelima stasiun pengamatan berkisar 2,2-2,7 dan termasuk dalam kategori keanekaragaman sedang. Keseragaman (E) makroinvertebrata menunjukkan tingkat keseragaman yang tinggi dan tidak didominasi oleh famili tertentu ($C < 0,5$). Hasil pengukuran faktor fisik dan kimia diperoleh nilai suhu 19,26-26,6 °C ; kecepatan arus 0,34-0,67 m/s; pH 7, 49-7,82 ; kekeruhan 3,13-3,88 NTU ; TDS 33,34-50,67 ppm ; DO 6,42-9,16 mg/L; COD 14,22 – 25,38 mg/L; nitrat <0,071 – 0,47 mg/L; amonia 0,006-0,0178 mg/L ; fosfat 0,0925-0,1400 mg/L. Kondisi kualitas perairan berdasarkan perhitungan FBI dalam kondisi baik hingga sangat baik. Sementara berdasarkan analisis BMWP-ASPT juga menunjukkan kualitas air Sungai Tangka yang masih sangat bersih atau tidak tercemar signifikan. Hal ini juga ditunjukkan dengan analisis kelimpahan EPT yang menunjukkan kualitas perairan dalam kondisi tidak tercemar.

Kata Kunci : Makroinvertebrata, Bioindikator, Kualitas Air, Sungai Tangka

ABSTRACT

NURMAN. Macroinvertebrate Diversity as a Bioindicator Of Tangka River Water Quality, Tombolopao District, Gowa Regency, South Sulawesi (guided by Ambeng and Syahribulan).

Monitoring water quality using macroinvertebrates is important to see the relationship between anthropogenic activities around watersheds and the quality of the aquatic environment. This study aims to determine the diversity and community structure of macroinvertebrates and the quality of river water using macroinvertebrate bioindicators and physical and chemical parameters. This research was carried out from August to November 2022 in Tangka River, Tombolopao District, Gowa Regency. The method used in this research is a quantitative descriptive method. A sampling of macroinvertebrates and measuring physical and chemical factors was conducted at five observation stations. Macroinvertebrate community structure was analyzed by using the diversity index (H'), evenness index (E), and dominance index (C). Water pollution level is measured by using Family Biotic Index (FBI), Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon (BMWP ASPT) and EPT Diversity Index (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera). The correlation between environmental parameters and the presence of macroinvertebrate families was analyzed by Canonical Correspondence Analysis (CCA). The results of this study showed that the diversity index (H') of the five observation stations ranged from 2.2 to 2.7 and was included in the moderate diversity category. Evenness (E) macroinvertebrates showed a high level of uniformity and were not dominated by certain families ($C < 0.5$). The results of measurements of physical and chemical factors obtained a temperature value of 19.26-26.6 °C; current speed 0.34-0.67 m/s; pH 7.49-7.82; turbidity 3.13-3.88 NTU; TDS 33.34-50.67 ppm; DO 6.42-9.16 mg/L; COD 14.22 – 25.38 mg/L; nitrate $<0.071 - 0.47$ mg/L; ammonia 0.006-0.0178 mg/L; phosphate 0.0925-0.1400 mg/L. Based on FBI calculations, water quality conditions are in good to very good condition. Meanwhile, based on the BMWP-ASPT analysis also shows that the water quality of the Tangka River is still very clean or not significantly polluted. This is also shown by the analysis of the abundance of EPT, which offers the quality of the waters in unpolluted conditions.

Keywords : Macroinvertebrates, Water Quality, Bioindicators, Tangka River

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iiError! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sungai.....	6
2.2 Kualitas Air Sungai	8
2.2.1 Sumber Tertentu (<i>Point Sources</i>)	10
2.2.2 Sumber Tak Tentu (<i>Area/ Diffuse Sources</i>).....	10
2.3 Indikator Biologi (Bioindikator).....	11
2.4 Makroinvertebrata Bentos	12
2.4.1 Kelompok Organisme Toleran	14
2.4.2 Kelompok Organisme Fakultatif.....	15
2.4.3 Kelompok Organisme Intoleran	15
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Keberadaan Makroinvertebrata pada Suatu Lingkungan Perairan	19
2.5.1 Suhu.....	20
2.5.2 Kecepatan Arus.....	21
2.5.3 Kecerahan.....	22
2.5.4 Total Padatan Terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	23

2.5.5	Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen)	24
2.5.6	Derajat Keasaman (pH)	24
2.6	Kawasan Pertanian dan Tipe Penggunaan Lahan	25
2.7	Indeks Biotik	29
2.7.1	Family Biotic Index (FBI)	30
2.7.2	<i>Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon</i> (BMWP ASPT)	30
2.7.3	Keanekaragaman EPT Indeks (Ephemeroptera, Plecoptera dan Trichoptera)	32
2.8	Defenisi Operasional	33
2.9	Kerangka Pemikiran	34
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Pendekatan dan Jenis Penelitian	35
3.2	Waktu dan Tempat	35
3.3	Alat dan Bahan	36
3.4	Penentuan Stasiun	36
3.5	Pengambilan Sampel Makroinvertebrata	37
3.6	Identifikasi Makroinvertebrata	38
3.7	Pengambilan Data Parameter Fisik dan Kimia	38
3.8	Analisis Data	38
3.8.1	Indeks Keanekaragaman (Odum, 1971)	39
3.8.2	Indeks Dominansi (Odum, 1971)	39
3.8.3	Indeks Keseragaman	40
3.8.4	<i>Family Biotic Index</i> (FBI) (Hillsenhoff, 1988)	40
3.8.5	Indeks <i>Biological Monitoring Working Party Average Score Per</i> <i>Taxon</i> (BMWP ASPT)	41
3.8.6	Indeks Keanekaragaman EPT (Ephemeroptera, Plecoptera dan Trichoptera)	42
3.8.7	Analisis Ordinasasi <i>Canonical Correspondence Analysis</i> (CCA)	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian	43
4.2	Hasil	44
4.2.1	Keanekaragaman Makroinvertebrata	44
4.2.2	Keseragaman Makroinvertebrata	44
4.2.3	Indeks Dominansi	45
4.2.4	<i>Family Biotic Indeks</i> (FBI)	45

4.2.5	Indeks <i>Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon</i> (BMWP – ASPT).....	50
4.2.6	Analisis Kelimpahan EPT (Ephemeroptera, Plecoptera dan Trichoptera).....	51
4.2.7	Parameter Fisika dan Kimia	52
4.2.8	Analisis <i>Canonical Correspondence Analysis</i> (CCA).....	52
4.3	Pembahasan.....	54
4.3.1	Struktur Komunitas Makroinvertebrata (Keanekaragaman (H'), Keseragaman (E) dan Dominansi (D)).....	54
4.3.2	Kualitas Air Sungai Tangka Berdasarkan Indeks Biotik	56
4.3.3	Kondisi Lingkungan Sungai Tangka Berdasarkan Faktor Fisik dan Kimia	77
4.3.4	Kualitas Fisika - Kimia Air Sungai Tangka dan Kaitannya dengan Keanekaragaman Makroinvertebrata	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		90
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA.....		91
LAMPIRAN		105
RIWAYAT HIDUP		149

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh spesies berdasarkan kepekaan terhadap perubahan lingkungan	16
Tabel 2. 2 Kelas BMWP, Skor, Kategori dan Interpretasi kondisi perairan	31
Tabel 2. 3 Skor Indeks Biotik berdasarkan nilai BMWP	31
Tabel 2. 4 Skor ASPT dan kategori kondisi perairan	41
Tabel 2. 5 Jumlah jenis EPT dan Kategori kondisi perairan.....	42
Tabel 3. 2 Kriteria Kualitas Air Berdasarkan Nilai Family Biotic Index.....	41
Tabel 4. 1 Indeks keanekaragaman makroinvertebrata pada berbagai stasiun di Sungai Tangka.....	44
Tabel 4. 2 Indeks keseragaman makroinvertebrata pada berbagai stasiun di Sungai Tangka.....	45
Tabel 4. 3 Indeks Dominansi Makroinvertebrata pada berbagai stasiun di Sungai Tangka	45
Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 1 Berdasarkan <i>Family Biotic Index</i> (FBI).....	46
Tabel 4. 5 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 2 Berdasarkan <i>Family Biotic Index</i> (FBI).....	46
Tabel 4. 6 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 3 Berdasarkan <i>Family Biotic Index</i> (FBI).....	47
Tabel 4. 7 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 4 Berdasarkan Family Biotic Index (FBI).....	48
Tabel 4. 8 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 5 Berdasarkan <i>Family Biotic Index</i> (FBI).....	49
Tabel 4. 9 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 5 Berdasarkan Indeks BMWP	50
Tabel 4. 10 Hasil Pengamatan Makroinvertebrata pada Stasiun 5 Berdasarkan Indeks BMWP	51
Tabel 4. 11 Kelimpahan EPT dan interpretasi kualitas air Sungai Tangka serta presentase EPT	51

Tabel 4. 12 Hasil Analisis Parameter Fisik Pada Berbagai Stasiun di Sungai Tangka	52
Tabel 4. 14 Famili Makroinvertebrata di Sungai Tangka dan Skor BMWP tiap famili	72
Tabel 4. 15 Kelimpahan EPT pada tiap stasiun di Sungai Tangka.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Faktor-Faktor Kualitas Air Yang memengaruhi Komunitas Bentos.	20
Gambar 4. 6 Komposisi Famili Makroinvertebrata Berdasarkan Jumlah Individu di Stasiun 4 Sungai Tangka	62
Gambar 4. 7 Komposisi Famili Makroinvertebrata Berdasarkan Jumlah Individu di Stasiun 1 Sungai Tangka	67
Gambar 4. 8 Komposisi famili makroinvertebrata berdasarkan jumlah individu di stasiun 5 Sungai Tangka	69
Gambar 4. 9 Perbedaan Suhu pada Tiap Stasiun di Sungai Tangka.....	77
Gambar 4. 10 Perbedaan kecepatan arus pada tiap stasiun di Sungai Tangka	79
Gambar 4. 11 Nilai pH (derajat keasaman) pada tiap stasiun di Sungai Tangka	80
Gambar 4. 12 Nilai Kekeruhan (NTU) pada Tiap Stasiun di Sungai Tangka	81
Gambar 4. 13 Nilai Total Dissolved Solid (TDS) pada Tiap Stasiun di Sungai Tangka	82
Gambar 4. 14 Nilai <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) pada tiap stasiun di Sungai Tangka	84
Gambar 4. 15 Nilai Chemical Oxygen Demand (DO) pada tiap stasiun di Sungai Tangka	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Stasiun Pengambilan Sampel Makroinvertebrata	202
Lampiran 2. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	106
Lampiran 3. Makroinvertebrata yang Ditemukan di Sungai Tangka	109
Lampiran 4. Komposisi Makroinvertebrata yang ditemukan di Setiap Stasiun Sungai Tangka.....	126
Lampiran 5. Tabel Perhitungan Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Dominansi (C) dan Indeks Keseragaman (E).....	77
Lampiran 6. Tabel Perhitungan <i>Family Biotic Index</i> (FBI) pada tiap Stasiun di Sungai Tangka	141
Lampiran 7 Tabel Perhitungan <i>Average Score Per Taxon</i> pada tiap Stasiun di Sungai Tangka	145

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian telah menjadi salah satu sektor utama dalam perekonomian di banyak negara, dan seiring dengan perkembangan populasi manusia yang pesat, permintaan akan produk pertanian juga semakin meningkat. Dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan dan bahan baku industri serta untuk memenuhi kebutuhan pasar, aktivitas pertanian pun semakin berkembang dengan penerapan model pertanian modern yang lebih intensif. Hal ini terjadi secara signifikan di lingkungan dan daerah aliran Sungai Tangka.

Model pertanian yang digunakan oleh masyarakat sekitar Sungai Tangka mencakup penggunaan teknologi canggih, penggunaan pupuk dan pestisida secara ekstensif, penggunaan irigasi, serta penggunaan varietas tanaman unggul yang memiliki hasil yang lebih tinggi. Penggunaan teknologi dan agrokimia dalam pertanian modern ini diharapkan dapat meningkatkan produksi pertanian untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Namun dibalik perkembangan dan modernisasi ini juga terdapat dampak antropogenik yang signifikan terhadap lingkungan, terutama terhadap kualitas air sungai. Menurut Syawal et al., (2016) berbagai aktivitas masyarakat dapat merubah kualitas ekosistem sungai, juga dapat bersifat antropogenik, khususnya apabila menggunakan insektisida.

Kondisi dan kualitas air menjadi isu yang semakin penting karena sungai berperan besar dalam banyak sektor yang menunjang pengembangan suatu daerah, dalam hal ini air sungai dimanfaatkan sebagai sumber air minum, industri dan pertanian, tempat rekreasi hingga dikembangkan sebagai pusat listrik tenaga air. Sungai Tangka pada kawasan pertanian di Kecamatan Tombolopao memang menjadi sungai yang sangat vital karena merupakan bagian hulu dari sungai panjang dari puncak gunung Bawakareng dan melintasi 3 kabupaten, yakni Kabupaten Gowa, Kabupaten Sinjai dan Kabupaten Bone. Sungai kawasan pertanian ini membentang dari titik koordinat 5°15'00.8"S 119°55'42.4"E dan

ujungnya terletak pada titik koordinat 5°11'57.7"S 119°59'41.8"E. Berbagai aktivitas pertanian modern yang berkembang di sekitar Sungai Tangka berpotensi menimbulkan masalah terhadap perubahan kualitas air.

Perubahan kualitas air sungai ini akan berpengaruh terhadap kehidupan biota juga masyarakat sekitar. Dengan demikian perlu dilakukan upaya pencegahan dengan monitoring kualitas air sungai. Pemantauan kualitas air sungai ini menjadi sangat penting untuk melihat sejauh mana tingkat perubahan dan tingkat tercemarnya air sungai. Pemantauan kualitas air umumnya menggunakan kombinasi komponen fisik, kimia dan biologi. Penggunaan komponen fisik dan kimia hanya akan memberikan gambaran kualitas lingkungan sesaat dan cenderung memberikan hasil dengan penafsiran dan kisaran yang luas. Oleh karena itu diperlukan pengamatan komponen biologis yang dapat mengantisipasi perubahan pada lingkungan perairan (Farrell-Poe, 2005).

Monitoring kualitas air menggunakan makroinvertebrata memiliki keunggulan dibandingkan dengan bioindikator lainnya yaitu sensitif terhadap pengaruh perubahan faktor lingkungan baik itu faktor biotik maupun abiotik yang sangat tinggi serta pengambilan sampel dan analisis kualitatif berkembang dengan baik serta relatif mudah dilakukan dengan menggunakan peralatan sederhana. Makroinvertebrata yang terdiri dari serangga aquatic, molusca, crustacea dan annelida (Bonada et al., 2006) telah digunakan untuk mengevaluasi efek dari berbagai penyebab stress antropogenik di tingkat organisasi biologi, molekuler hingga ekosistem (Rosenberg dan Resh, 1993). Keuntungan lainnya adalah tiap-tiap spesies dari makroinvertebrata ini dapat menunjukkan spektrum yang berbeda terhadap gangguan pada lingkungan yang selanjutnya dapat dikategorikan kedalam tingkatan kondisi suatu perairan. Selain itu, adanya sedentary nature atau sifat menetap dari banyak spesies memungkinkan untuk dianalisa efek gangguan yang ada. Makroinvertebrata juga memiliki siklus hidup yang panjang, taksonomi dari spesiesnya sudah banyak diidentifikasi dan tersedia dalam banyak kunci determinasi, banyak metode analisis data yang telah dikembangkan, telah dibuat aturan dan rujukan khusus terhadap

respon spesies terhadap beragam jenis polutan (Rosenberg dan Resh dalam Carter & Resh (2013)).

Beragam penelitian mengenai monitoring kualitas air dengan makroinvertebrata telah banyak digunakan termasuk dengan menggunakan serangga akuatik untuk mengetahui tingkat pencemaran pada suatu daerah, diantaranya dilakukan oleh Van Ael et al. (2015) yang menggunakan makroinvertebrata sebagai indeks biotik dalam mengukur konsentrasi logam kritis untuk kualitas air ekologi yang baik. Erasmus et al. (2021) juga melakukan penelitian dengan menggunakan pendekatan keragaman makroinvertebrata dalam merespon banyak stresor di sungai austral subtropis kecil. Yao et al. (2022) meneliti respon makroinvertebrata bentik terhadap perubahan lingkungan dalam sistem flubial-muara yang sangat urban. Damastuti et al. (2022) menganalisis efektivitas pengelolaan mangrove berbasis masyarakat untuk konservasi keanekaragaman hayati di Jawa Tengah, Indonesia, termasuk kaitannya dengan makroinvertebrata. Spesies yang dengan mudah dijadikan rujukan penentuan kualitas air adalah dari Ordo Ephemeroptera, Tricoptera, Odonata, Plecoptera, Diptera, Coleoptera, Scarabidae, Cicindelidae dan Carabidae. Masing-masing dari serangga akuatik ini dapat memberikan gambaran apabila ada dan tidak ada pada suatu lokasi yang berkaitan dengan sensitifitas terhadap pencemaran, misalnya tidak adanya Ephemeroptera menandakan lingkungan tersebut telah tercemar karena serangga ini tidak dapat hidup pada habitat yang sudah tercemar (Samway, 1994).

Biomonitoring kualitas air sungai di kawasan pertanian yang ada di Kabupaten Gowa dengan menggunakan makroinvertebrata masih kurang dilakukan khususnya untuk melihat keterkaitan antara aktivitas pertanian dan dampaknya bagi kualitas perairan. Lebih lanjut Arimoro & Ikomi (2008) menyebutkan bahwa makroinvertebrata bentik telah digunakan secara luas sebagai indikator biologi guna menilai status kesehatan dan integritas ekologi dari sebuah sungai karena memiliki peran penting dalam rantai makanan. Wilhm (1975) menjelaskan bahwa perubahan-perubahan kualitas air sangat mempengaruhi kehidupan makroinvertebrata bentos,

baik komposisi maupun ukuran populasinya, Disamping itu kemampuan mobilitasnya yang rendah dan beberapa jenis makroinvertebrata bentos mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap kualitas air yang buruk menjadikan makroinvertebrata bentos sebagai salah satu indikator biologi yang baik.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan analisis kualitas air sungai pada kawasan pertanian di Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa dengan menggunakan makroinvertebrata benthik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana keanekaragaman makroinvertebrata di Sungai Tangka Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa?
2. Bagaimana hubungan keanekaragaman makroinvertebrata sebagai bioindikator biologis terhadap kualitas air di Sungai Tangka?
3. Apakah terdapat perbedaan makroinvertebrata pada berbagai tipe lahan pertanian Daerah Aliran Sungai (DAS) di Sungai Tangka?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui keanekaragaman makroinvertebrata di Sungai Tangka Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa
2. Untuk menganalisis hubungan antara keanekaragaman makroinvertebrata sebagai bioindikator biologis terhadap kualitas air di Sungai Tangka
3. Untuk menganalisis perbedaan makroinvertebrata Sungai Tangka pada berbagai tipe lahan pertanian Daerah Aliran Sungai (DAS) di Sungai Tangka

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi soal kualitas air sungai pada kawasan pertanian di Kecamatan Tombolopao dengan menggunakan makroinvertebrata sebagai indikator biologi.

2. Model penelitian ini diharapkan mampu disederhanakan dan sampai kepada masyarakat untuk mampu menganalisa secara mandiri dan juga berkala (biomonitoring) kondisi perairan di seputar kawasan pertanian masyarakat.
3. Penelitian ini diharapkan mampu mengedukasi masyarakat sekitar terkait beban pencemaran yang berasal dari kawasan pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kecamatan Tombolopao.
4. Menjadi pedoman untuk merumuskan strategi konservasi sungai pada kawasan pertanian di Kecamatan Tombolopao.
5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penggunaan makroinvertebrata sebagai penduga kualitas air sungai.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Keanekaragaman Makroinvertebrata berdasarkan hasil identifikasi dan pengamatan serta berdasarkan analisis keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi.
2. Kualitas air sungai berdasarkan bioindikator makroinvertebrata yang ditunjang pengukuran faktor fisik dan kimia

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai merupakan perairan lotic yang mengalir dari daerah hulu menuju kearah hilir yang bermuara di lautan dan merupakan habitat bagi beragam organisme akuatik. Selain itu, sungai juga berperan dalam memenuhi berbagai keperluan manusia seperti pertanian, sumber mineral, kebutuhan sehari-hari hingga dikembangkan sebagai sumber energi listrik (T. A. Barus, 2004).

Sementara itu berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 35 Tahun 1991 tentang sungai, sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan

Sungai adalah jenis perairan sistem terbuka dan tergantung pada kondisi serta keadaan lingkungan sekitarnya. Sungai sendiri adalah badan air kontinum yang berarti kondisi di bagian hulu akan berpengaruh pula pada kondisi di bagian hilirnya, oleh karena itu perubahan struktur dan fungsi komunitas pada seluruh aliran sungai dapat disebabkan adanya perubahan gradien dari hulu ke hilir (Setiawan, 2008).

Secara umum, sungai dibagi menjadi tiga bagian yaitu hulu, tengah dan hilir khususnya saat dibagi berdasarkan tipe daerah aliran sungainya. Menurut Asdak (2010) secara biogeofisik, ketiga bagian dari daerah aliran sungai dicirikan sebagai berikut:

Bagian hulu memiliki ciri kerapatan drainase yang lebih tinggi, kemiringan lereng lebih besar (lebih dari 15%). Bagian hilir memiliki ciri kerapatan drainase lebih kecil, kemiringan lereng kecil (kurang dari 8%). Bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik yang berbeda dari hulu dan hilir.

Sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan setelah aliran permukaan dan mengalirkannya sampai ke laut. Oleh karena itu, sungai dapat diartikan sebagai wadah atau penampung dan penyalur aliran air yang terbawa dari DAS setempat yang lebih rendah dan bermuara di

laut. Selanjutnya dijelaskan bahwa DAS adalah suatu sistem yang merubah curah hujan kedalam debit dipelepasannya sehingga menjadi sistem yang kompleks (Soewarno, 1995).

Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau dari muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai. Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS adalah penting dalam analisis aliran limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau (muara) ke titik terjauh dari batas DAS (Triatmodjo, 2010).

Daerah Aliran Sungai (DAS) yang menjadi bagian dari perairan umum merupakan suatu wilayah dataran yang menampun dan menyimpan air hujan yang kemudian mengalirkannya ke laut melalui suatu sungai utama. Pada sungai biasanya terjadi pencampuran massa air secara menyeluruh dan tidak terbentuk stratifikasi vertikal kolom air seperti pada perairan lentik. Kecepatan arus, erosi dan sedimentasi merupakan fenomena yang umum terjadi di sungai sehingga kehidupan flora dan fauna pada sungai sangat dipengaruhi oleh ketiga variable tersebut, Intensitas cahaya dan perbedaan suhu air sangat berperan pada pengklasifikasian perairan lentik, sedangkan pada perairan lotik justru kecepatan arus atau pergerakan air, jenis sedimen dasar, erosi dan sedimentasi yang paling berperan (Asdak, 2010).

Sungai menyediakan air yang bermanfaat bagi kehidupan manusia diantaranya adalah kegiatan pertanian, perindustrian maupun kegiatan sehari-hari (rumah tangga). Selain itu sungai juga memberikan manfaat bagi organisme yang hidup di dalam perairan sungai. Bertambahnya kepadatan jumlah penduduk disertai kondisi ekonomi yang rendah memaksa penduduk tersebut untuk tinggal di sepanjang daerah aliran sungai (DAS). Hampir sebagian besar masyarakat yang hidup disepanjang daerah aliran sungai (DAS) memanfaatkan air sungai untuk kehidupan sehari-hari. Banyaknya lahan pemukiman serta tingkat kepadatan

penduduk yang tinggi disepanjang daerah aliran sungai (DAS) mengakibatkan timbulnya berbagai masalah diantaranya adalah meningkatnya sumber pencemaran limbah domestik (Ngatilah & Kurniawan, 2019).

2.2 Kualitas Air Sungai

Kualitas air merupakan salah satu komponen lingkungan yang sangat penting dan sebagai indikator sehatnya suatu daerah aliran sungai. Sejalan dengan perkembangan jumlah penduduk dan meningkatnya kegiatan masyarakat dan industri mengakibatkan perubahan fungsi lingkungan. Hal ini berdampak negatif terhadap kelestarian sumberdaya air yang diindikasikan dengan semakin meningkatnya daya rusak air. Degradasi yang terjadi di daerah aliran sungai berdampak pada perubahan aktifitas tata guna lahan dan ekosistem yang termasuk di dalamnya. Pemanfaatan fungsi sungai yang tercemar setara dengan kondisi kelangkaan air. Tingkat penurunan kualitas air akan mempengaruhi kelestarian sumber daya air yang tersedia untuk penggunaan yang bermanfaat, dan pada gilirannya akan membatasi tata guna lahan produktif. Penurunan kualitas air sungai ditandai oleh penurunan beberapa parameter kualitas air diantaranya adalah parameter fisika, kimia maupun mikrobiologi. Penurunan kualitas air sungai ini merupakan indikasi terjadinya pencemaran air sungai pada area tersebut. Salah satu sumber penyebab penurunan kualitas air sungai tersebut berasal dari pembuangan limbah rumah tangga (limbah domestik) diantaranya buangan air rumah tangga, air cucian, urin, kotoran manusia (tinja) serta sampah yang dibuang secara langsung di sepanjang aliran sungai (Setyowati, 2015).

Kualitas air pada dasarnya dapat dilakukan dengan pengujian untuk membuktikan apakah air itu layak dikonsumsi. Penetapan standar sebagai batas mutu minimal yang harus dipenuhi telah ditentukan oleh standar internasional, standar nasional, maupun standar perusahaan. Di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang

kualitas dan pengendalian pencemaran air disebutkan bahwa mutu air telah diklasifikasikan menjadi 4 kelas, dimana pengklasifikasiannya terdiri dari:

Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegiatan tersebut. Kelas dua, air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk prasarna/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas tiga, yang diperuntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan peruntukan lain yang persyaratan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas empat, air yang diperuntukannya lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan adalah uji kimia, fisik biologi atau uji kenampakan (bau dan warna). Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan beberapa parameter, yaitu parameter fisika (suhu, TDS, dan sebagainya), parameter kimia (pH, BOD, COD, dan sebagainya) dan parameter biologi.

Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Kegiatan pengendalian dilakukan melalui inventarisasi sumber pencemaran air (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010). Sumber pencemaran air dibagi menjadi sumber tertentu dan sumber tak tentu.

2.2.1 Sumber Tertentu (*Point Sources*)

Sumber-sumber pencemar air secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Jumlah limbah yang dibuang dapat ditentukan dengan berbagai cara, antara lain dengan pengukuran langsung, perhitungan neraca massa, dan estimasi lainnya. Sumber pencemar air yang berasal dari sumber tertentu antara lain seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik terpadu. Data pencemaran air dari sumber tertentu biasanya diperoleh dari informasi yang dikumpulkan dan dihasilkan pada tingkat kegiatan melalui pengukuran langsung dari efluen dan perpindahannya atau melalui penggunaan metode untuk memperkirakan atau menghitung besar pencemaran air. Data yang dibutuhkan untuk inventarisasi sumber tertentu antara lain:

- a. Klasifikasi jenis penghasil limbah, seperti kategori jenis usaha atau kegiatan.
- b. Data pencemar spesifik yang dibuang, misalnya jumlah beban pencemar yang terukur atau perkiraan yang dibuang ke air dalam satuan massa per unit waktu.
- c. Informasi lokasi dan jenis pencemar khusus yang dibuang, misalnya jenis industri tertentu di suatu daerah menghasilkan beberapa jenis pencemar spesifik.

2.2.2 Sumber Tak Tentu (*Area/ Diffuse Sources*)

Sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, permukiman, dan transportasi. Penentuan jumlah limbah yang dibuang tidak dapat ditentukan secara langsung, melainkan dengan menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah. Sumber pencemar air tak tentu atau diffuse sources biasanya berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan industri kecil– menengah, dan kegiatan domestik atau penggunaan barang-barang konsumsi. Sumber-sumber pencemar air ini

umumnya terdiri dari gabungan beberapa kegiatan kecil atau individual yang berpotensi menghasilkan air limbah yang dalam kegiatan inventarisasi sumber pencemar air tidak dapat dikelompokkan sebagai sumber tertentu.

2.3 Indikator Biologi (Bioindikator)

Bioindikator berasal dari dua kata yaitu bio dan indikator, bio artinya makhluk hidup seperti hewan, tumbuhan dan mikroba, sedangkan indikator artinya variabel yang dapat digunakan untuk mengevaluasi keadaan atau status untuk memungkinkan dilakukannya pengukuran terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Jadi bioindikator adalah komponen biotik (makhluk hidup) yang dijadikan sebagai indikator. Menurut Soeprobowati (2015) Bioindikator dapat didefinisikan sebagai organisme atau komunitas organisme yang kehadirannya mencerminkan kondisi lingkungan atau perilakunya di alam berkorelasi dengan kondisi lingkungan, sehingga dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan.

Indikator biologi adalah biota air yang keberadaannya dalam suatu ekosistem perairan menunjukkan kondisi spesifik dari perairan tersebut (Wediawati, W. 2001). Indikator biologi merupakan petunjuk yang mudah untuk memantau terjadinya pencemaran. Adanya pencemaran suatu lingkungan mengakibatkan jenis keanekaragaman jenis akan mengalami penurunan dan mata rantai makanannya menjadi sederhana, kecuali bila terjadi penyuburan (Sastrawijaya, 2009). Jenis ideal yang digunakan sebagai indikator biologi untuk lingkungan akuatik tersebut masuk dalam kelompok organisme yang tidak mempunyai tulang belakang atau bisa disebut dengan makroinvertebrata (Arisandi, 2012).

Muhamad (2014) menyatakan bioindikator juga merupakan indikator biotis yang dapat menunjukkan waktu dan lokasi, kondisi alam (bencana alam), serta perubahan kualitas lingkungan yang telah terjadi karena aktifitas manusia. Menurut Roziaty (2017) Bioindikator dapat dibagi menjadi dua, yaitu bioindikator pasif dan bioindikator aktif. Bioindikator pasif adalah suatu spesies organisme, penghuni asli di suatu habitat, yang mampu

menunjukkan adanya perubahan yang dapat diukur (misalnya perilaku, kematian, morfologi) pada lingkungan yang berubah di biotop (detektor). Bioindikator aktif adalah suatu spesies organisme yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap polutan, yang mana spesies organisme ini umumnya diintroduksi ke suatu habitat untuk mengetahui dan memberi peringatan dini terjadinya polusi.

(Purwati, 2016) menyatakan bahwa sebuah bioindikator yang ideal setidaknya harus memiliki karakteristik yaitu Kesederhanaan taksonomi (mudah dikenali oleh nonspesialis), berdistribusi lebar, mobilitas rendah (indikasi lokal), memiliki karakteristik ekologi yang jelas diketahui, melimpah dan dapat dihitung, dapat dilakukan analisis di laboratorium, sensitifitas tinggi terhadap tekanan lingkungan, memiliki kemampuan untuk dikuantifikasi dan distandardisasi. Salah satu cara yang digunakan untuk memantau perubahan yang terjadi di dalam suatu komunitas atau ekosistem adalah pemanfaatan bioindikator. Bioindikator atau indikator ekologi merupakan kelompok organisme yang sensitif terhadap gejala perubahan dari lingkungan akibat aktifitas manusia yang menekan lingkungan dan merusak sistem biotik (Suheriyanto, 2013).

2.4 Makroinvertebrata Bentos

Bentik atau bentos adalah organisme yang hidup dipermukaan atau dalam substrat dasar perairan yang meliputi organisme nabati yang disebut fitobentos dan organisme hewani yang disebut zoobentos. Pada umumnya zoobentos ini yang masuk kedalam kategori makroinvertebrata. Secara umum makroinvertebrata bentik meliputi insekta, mollusca, oligochaeta, crustacea dan nematoda (Cummins, 1979)

Menurut Jeffries & Mills (1979), makroinvertebrata bentik dapat dibedakan dalam empat golongan berdasarkan kebiasaannya makannya, yaitu:

1. Perumput (*grazer*) dan pengikis (*scraper*) yaitu herbivora pemakan alga yang tumbuh melekat pada substrat.
2. Pemarut (*shredder*), yaitu detritivora pemakan partikel ukuran besar.

3. Kolektor (*collector*) yaitu detritivora pemakan partikel halus baik yang berupa suspensi dan berupa endapan.
4. Predator yaitu berupa hewan karnivora.

Selain itu, makroinvertebrata bentik juga dibagi menjadi dua berdasarkan cara makannya, yaitu:

1. *Filter feeder* adalah hewan bentos yang mengambil makanan dengan menyaring makanan.
2. *Deposit feeder* adalah hewan bentos yang mengambil makanan dalam substrat dasar. Kelompok pemakan deposit banyak terdapat pada substrat (Setiawan, 2008).

Menurut Sukoco (2016) makroinvertebrata perairan merupakan hewan invertebrata yang hidup dalam wilayah perairan dapat dilihat secara langsung tanpa menggunakan alat bantu seperti mikroskop.. Makroinvertebrata sebagai bioindikator karena hidup melekat pada substrat dan motilitasnya rendah sehingga dia tidak mudah bergerak berpindah. Tjokrokusumo (2006) juga mengungkapkan makroinvertebrata merupakan makhluk hidup yang menempati dalam air secara alami (*indigenous residence*). Menurut Djumanto (2013) Berdasarkan ukurannya makroinvertebrata perairan $> 500\mu$ dan specimen berukuran $< 0,1$ mm, sedangkan hewan yang berumur dewasa sekitar 3-5 cm.

Hewan bentos hidup relatif menetap, sehingga baik digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan karena selalu kontak dengan limbah yang masuk ke habitatnya. Kelompok hewan tersebut dapat lebih mencerminkan adanya faktor-faktor lingkungan dari waktu ke waktu karena hewan bentos terus menerus terdedah oleh air yang kualitasnya berubah-ubah. Diantara hewan bentos yang relatif mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan perairan adalah jenis-jenis yang termasuk dalam kelompok makroinvertebrata, sehingga disebut makroinvertebrata bentos (Rosenberg dan Resh, 1993).

Menurut Rosenberg dan Resh (1993) makroinvertebrata air memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Sangat peka terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya, sehingga akan dipengaruhi komposisi dan kelimpahannya
2. Ditemukan hampir di semua perairan
3. Jenisnya cukup banyak dan memberikan respon yang berbeda akibat gangguan yang berbeda
4. Pergerakannya terbatas, sehingga dapat sebagai penunjuk keadaan lingkungan setempat
5. Mudah dikumpulkan dan diidentifikasi paling tidak sampai tingkat famili
6. Pengambilan contoh mudah dilakukan, karena memerlukan peralatan sederhana, murah dan tidak berpengaruh terhadap makhluk hidup lainnya

Toleransi hewan-hewan akuatik pada umumnya relatif sempit jika dibandingkan dengan hewan-hewan daratan. Suhu perairan dapat bervariasi tergantung pada faktor adanya pencemaran pembuangan air limbah dan dapat menyebabkan kenaikan suhu perairan sehingga dapat mengganggu kehidupan air (Prawito, 2016). Kepekaan jenis makroinvertebrata bentos terhadap limbah organik dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kelompok intoleran atau sensitif, fakultatif atau moderat dan toleran. Keberadaan kelompok biota tersebut dapat menunjukkan keadaan suatu aliran sungai. Dengan kata lain kehadiran kelompok intoleran dapat digunakan sebagai petunjuk adanya pencemaran dalam perairan (Wilhm, 1975) (Abel, 1996).

2.4.1 Kelompok Organisme Toleran

Menurut Wilhm (1975) organisme toleran dapat tumbuh dan berkembang dalam kisaran perubahan kondisi lingkungan yang tinggi sehingga organisme ini dapat ditemukan dalam kondisi perairan yang berkualitas buruk. Secara umum organisme ini tidak peka terhadap berbagai tekanan lingkungan dan kelimpahannya tinggi pada perairan dengan tingkat pencemaran yang tinggi.

Jenis toleran mempunyai daya toleransi yang luas, sehingga dapat berkembang mencapai kepadatan tertinggi dalam perairan yang tercemar