Jurnal Inovasi Global
Vol. 3, No. 7, Juli 2025
P-ISSN 3032-2723| E-ISSN 3031-0512
https://jig.rivierapublishing.id/index.php/rv/index

Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Bone dan Sungai Bolango Provinsi Gorontalo

Adeliya Mbuinga[1], Femy Mahmud Sahami[2], Faizal Kasim[3], Miftahul Khair Kadim[4], Sitty Ainsyah Habibie[5]
Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia
Email: adeliyaambuinga@gmail.com

Kata kunci:
Makrozoobentos, Kelimpahan, Keanekaragaman, Sungai Bone, Sungai Bolango, Kualitas Air

ABSTRAK

Sungai Bone menghadapi potensi pencemaran akibat aktivitas manusia di sekitarnya. Untuk memastikan hal tersebut, makrozoobentos digunakan sebagai bioindikator dengan memanfaatkan karakteristik komunitas penyusunnya yang menunjukkan perilaku menetap, mobilitas terbatas, dan sensitif terhadap kondisi perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Bone dan Sungai Bolango, Provinsi Gorontalo. Penelitian dilakukan pada bulan Mei hingga Agustus 2023 di beberapa stasiun pengamatan di kedua sungai. Metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan ekologi lapangan. Hasil identifikasi menunjukkan total 127 individu makrozoobentos yang terdiri dari 72 individu di Sungai Bone dan 55 individu di Sungai Bolango, dengan dominasi famili Baetidae (PlatyBaetis) dan Hydropsychidae (Cheumatopsyche dan Hydropsyche) yang tersebar luas di kedua lokasi. Indeks dominansi yang rendah mengindikasikan tidak adanya satu spesies yang mendominasi secara signifikan, sementara distribusi taksa yang cukup beragam mencerminkan kondisi kualitas air yang relatif baik di kedua sungai. Temuan ini menjadi dasar penting untuk pemantauan dan pengelolaan sumber daya perairan yang berkelanjutan di wilayah tersebut.

Keywords:
Macrozoobentos, Abundance, Diversity, Bone River, Bolango River, Water Quality

The Bone River faces potential pollution due to human activities around it. To ensure this, macrozoobentos are used as bioindicators by utilizing the characteristics of their constituent communities that exhibit sedentary behavior, limited mobility, and sensitivity to aquatic conditions. This study aims to examine the abundance and diversity of macrozoobentos in the Bone River and Bolango River, Gorontalo Province. The research was conducted from May to August 2023 at several observation stations on both rivers. Quantitative descriptive method with a field ecology approach. The identification results showed a total of 127 macrozoobentos individuals consisting of 72 individuals in the Bone River and 55 individuals in the Bolango River, with the dominance of the Baetidae (PlatyBaetis) and Hydropsychidae (Cheumatopsyche and Hydropsyche) families that are widespread in both locations. A low dominance index indicates the absence of a single species that dominates significantly, while the fairly diverse distribution of taxa reflects

relatively good water quality conditions in both rivers. These findings serve as an important basis for the sustainable monitoring and management of aquatic resources in the region.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-SA .
This is an open access article under the CC BY-SA license.

PENDAHULUAN

Sungai merupakan jalur air yang mengalir dari sumber air di dataran tinggi (disebut hulu) ke dataran yang lebih rendah (disebut hilir), di mana terjadi interaksi antara unsur biotik dan abiotik. Arus sungai mengalir ke arah tertentu, dan anak-anak sungai bergabung membentuk sungai utama. Daerah di daratan yang membentuk aliran air ke sistem sungai hingga mencapai muara disebut Daerah Aliran Sungai. Faktor manusia, sifat alam, dan perubahan waktu dan lokasi dapat memengaruhi ekosistem akuatik baik dari segi kualitas maupun kuantitas di suatu Daerah Aliran Sungai (Kadim, 2012; Sudaryanti, 2022)

Makrozoobentos merupakan organisme yang sifat hidupnya menetap di dasar perairan dan memiliki daya adaptasi yang bervariasi akan perubahan lingkungan (Fajari, 2018). Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos sangat bergantung pada toleransi dan tingkat sensitifnya terhadap kondisi lingkungannya. Kisaran toleransi dari makrozoobentos terhadap lingkungan berbeda-beda (Wilhm, 1975).

Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos juga ditentukan oleh sifat fisika dan kimia perairan. Sifat fisika perairan, seperti suhu dan kecepatan arus. Sifat kimia perairan antara lain, pH dan DO, BOD dan COD (Pelealu et al., 2018).

Komunitas makrozoobentos memiliki sifat hidup dan respon yang sensitif terhadap berbagai kontaminan sehingga sangat potensial dimanfaatkan sebagai alat monitoring universal khususnya di sungai (Kadim, 2014; Tantalu et al., 2017). Komunitas makrozoobentos pada umumnya mengintegrasikan perubahan lingkungan pada karakteristik fisika-kimia dan ekologi habitatnya (Everall et al., 2019; Rahayu et al., 2015). Sudarso (2009) menyatakan bahwa penggunaan makrozoobentos sebagian besar sebagai bioindikator pencemaran organik, mengingat organisme tersebut memanfaatkan bahan organik sebagai makanannya.

Sungai Bone dan Sungai Bolango adalah dua sungai besar yang ada di Provinsi Gorontalo Sumber daya air dari kedua sungai ini memiliki manfaat yang sangat besar bagi masyarakat yang tinggal di wilayah Kota Gorontalo dan Kabupaten Bone Bolango, terutama sebagai sumber utama air baku untuk PDAM, kegiatan rekreasi dan perikanan (Radjak et al., 2023). Penelitian sebelumnya oleh Kadim (2014) dan Sudaryanti (2022) telah mengidentifikasi makrozoobentos sebagai bioindikator efektif untuk memantau kesehatan sungai, mengingat sensitivitasnya terhadap perubahan lingkungan. Namun, kedua penelitian tersebut memiliki keterbatasan: Kadim (2014) hanya berfokus pada zonasi sungai berdasarkan komunitas makrozoobentos tanpa mengeksplorasi hubungannya dengan parameter kualitas air secara mendalam, sementara Sudaryanti (2022) lebih menitikberatkan pada metode bioassessment tanpa menyertakan analisis komprehensif terhadap dampak aktivitas manusia di daerah aliran sungai. Namun Sungai Bone dan Sungai Bolango menghadapi permasalahan serius terkait pencemaran dan penurunan kualitas air akibat aktivitas antropogenik (Indirham, 2011). Kondisi lingkungan perairan sungai sangat menentukan kelimpahan dan kenekaragaman

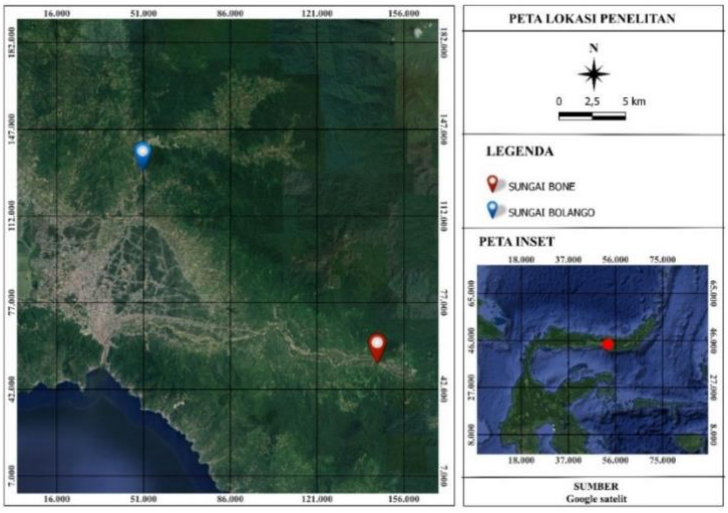
makrozoobentos yang hidup di dalamnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos yang diharapkan dapat menjadi indikator untuk menentukan kondisi kualitas perairan sungai tersebut, sehingga informasi ini dapat digunakan sebagai referensi dalam upaya pengelolaan perairan Sungai Bone dan Sungai Bolango, Gorontalo. Dengan memanfaatkan pendekatan multidisiplin yang menggabungkan ekologi, kimia perairan, dan analisis spasial, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat untuk pemantauan dan pengelolaan sungai secara berkelanjutan. Temuan ini juga akan bermanfaat bagi pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan konservasi dan restorasi ekosistem perairan di wilayah Gorontalo.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan ekologi lapangan untuk menganalisis kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos serta kaitannya dengan parameter kualitas air di Sungai Bone dan Sungai Bolango.

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Sungai Bone dan Sungai Bolango, Provinsi Gorontalo. Pengambilan sampel dilakukan pada dua Sungai yang dimana satu stasiun berada di Sungai Bone dan satu stasiun berada di Sungai Bolango selama 3 bulan (Mei hingga Juli 2025) dengan interval waktu hanya satu kali pengambilan sampel. Stasiun pengamatan ditentukan secara purposive sampling berdasarkan faktor kondisi ekologi (diutamakan daerah riffle), keterwakilan sungai yang diambil adalah bagian hulu dan tata guna lahan yang berpotensi memberikan sumber pencemaran pada masing-masing stasiun.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Sungai Bone dan Sungai Bolango
Sumber: Analisis Penulis, 2025

Tabel 1. Deskripsi Stasiun Pengamatan

Sungai	Stasiun	Koordinat	Lokasi Sampling	Potensi Sumber Kontaminasi
Bone	1	0°29'58.34"N123°16'11.21"E	Desa Poduwoma, Kabupaten Bone Bolango	Permukiman dan Penambangan pasir
Bolango	1	0°41'56.58"N123°3'2.60"E	Desa Dumati, Kabupaten Gorontalo	Permukiman dan Perkebunan

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025

Makroinvertebrata dikumpulkan menggunakan jala tangan (mata jaring 500µm) pada perairan yang dangkal sepanjang total 10m di masing-masing stasiun (Sudaryanti, 2022). Sampel yang terkumpul dipisahkan dari partikel lain, misalnya sampah organik dan lumpur. Sampel kemudian disimpan dalam botol-botol kecil dan diawetkan menggunakan alkohol 70% untuk keperluan identifikasi. Identifikasi makrozoobenthos dilakukan sampai tingkat famili atau genus. Selain itu, dilakukan juga pengukuran terhadap parameter kualitas air. Sementara data parameter kualitas air pendukung yaitu suhu, pH, kecepatan arus dan oksigen terlarut (DO) didapatkan dari pengukuran langsung dilapangan.

2. Analisis Data

Komunitas makrozoobentos dianalisis secara kuantitatif (lihat Tabel 2) melalui perhitungan indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominansi.

Tabel 2. Persamaan Perhitungan Untuk Parameter Indeks Biotik

Indeks	Persamaan	Keterangan
Keanekaragaman	$H' = \sum_{i=1}^{S} pi \ln pi$	H' : Indeks keanekaragaman; ln : Logaritma natural; S : Jumlah semua jenis; Pi : ni/N (proporsi spesies ke-i); Ni : Jumlah individu suatu jenis ke-I; N : Jumlah total individu seluruh jenis
Keseragaman	$E = \frac{H'}{\ln(s)}$	E : Indeks keseragaman; H' : Indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener*
Dominansi	$C = \sum_{i=1}^{S} \left(\frac{ni}{N}\right)^2$	C : Indeks dominansi; ni : Jumlah individu setaip spesies; N : Jumlah total individu

Sumber: Modifikasi dari Barbour, 2010

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter kualitas air Sungai Bone dan Sungai Bolango

Parameter kualitas air berperan penting dalam keberadaan organisme yang ada di Sungai tidak terkecuali makrozoobentos. Hasil pengukuran kualitas air pada penelitian ini juga diklasifikasikan berdasarkan baku mutu Peraturan Pemerintah nomor 22 (2021). Secara keseluruhan, nilai konsentrasi Suhu, DO dan pH terukur masih memenuhi baku mutu air kelas II, yaitu standar persyaratan mutu air untuk kegiatan pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan pertanaman serta sarana-prasarana rekreasi air. Rerata parameter kualitas air Sungai Bone dan Sungai Bolango disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rerata parameter kualitas air Sungai Bone

Parameter Kualitas Air	Baku Mutu*	Stasiun 1
		Rerata
Suhu (ºC)	Dev 3	27.9
DO (mg/L)	>4	7.27
pH	6-9	7.89
Kecepatan Arus (m/detik)	-	12.00

*PP No. 22 tahun 2021 (kelas II); **Melebihi baku mutu

Sumber: Pengukuran Lapangan, 2025

Salah satu parameter penting dalam proses metabolisme organisme akuatik yaitu suhu, dengan kisaran optimal 28-32ºC (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil analisis nilai rata-rata, suhu di perairan Sungai Bone dikatakan rendah yaitu 27,9ºC. Perbedaan waktu, hari, dan cuaca pada saat pengukuran dapat menyebabkan perbedaan suhu yang cukup signifikan. Secara umum, nilai suhu pada perairan Sungai Bone masih tergolong layak untuk kehidupan makrozoobentos.

Nilai pH di Sungai Bone selama penelitian yaitu 7,89. Kisaran nilai pH tersebut masih berada dalam ambang batas baku mutu Peraturan Pemerintah No.22 (2021). Apabila perairan bersifat terlalu asam maupun terlalu basah dapat berpengaruh pada kehidupan organisme di dalamnya. Kualitas perairan dapat dipengaruhi oleh kadar asam dan basanya karena berdampak pada adaptasi organisme yang hidup di dalamnya (Naillah et al., 2021). Nilai pH di Sungai Bone masih dalam batas normal dan masih dapat ditolerir oleh organisme khususnya makrozoobentos.

Hasil pengukuran kecepatan arus selama pengamatan menunjukkan nilai 12,00 m/detik. Pada dasarnya, kecepatan arus berfungsi sebagai sarana transport yang baik untuk makanan maupun oksigen bagi organisme. Distribusi dan penyebaran organisme bentos juga dipengaruhi oleh kecepatan arus (Sudaryanti, 2022). Jenis aliran riffle memungkinkan difusi oksigen sehingga DO yang ada di stasiun 1 yaitu >6 mg/L. DO yang relatif baik menyediakan zat-zat respirasi untuk makrozoobentos (Kadim, 2014; Tantalu et al., 2017).

Tabel 4. Rerata parameter kualitas air Sungai Bolango

Parameter Kualitas Air	Baku Mutu*	Stasiun 1
		Rerata
Suhu (ºC)	Dev 3	25.2
DO (mg/L)	>4	7.45
pH	6-9	7.95
Kecepatan Arus (m/detik)	-	10.13

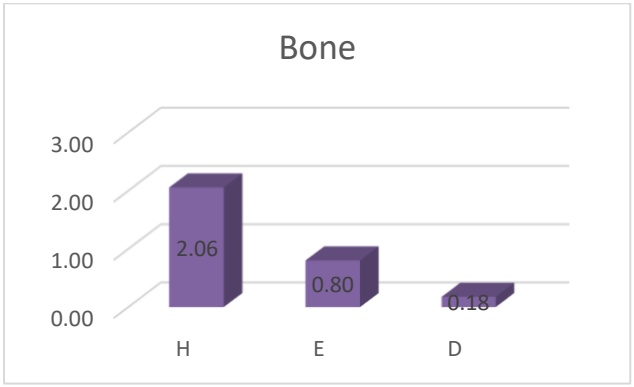
*PP No. 22 tahun 2021 (kelas II); *

Sumber: Pengukuran Lapangan, 2025

Berdasarkan hasil pengukuran di Stasiun 1 Sungai Bolango, suhu air tercatat sebesar 25,2°C. Nilai ini masih berada dalam kisaran optimal untuk kehidupan organisme akuatik, terutama makrozoobentos, yang umumnya dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada

suhu 20–30°C (Effendi, 2003). Suhu ini juga mencerminkan kondisi perairan yang relatif stabil dan tidak mengalami fluktuasi ekstrem yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem sungai. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) sebesar 7,45 mg/L menunjukkan kondisi perairan yang sangat baik, karena DO di atas 5 mg/L sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme air seperti ikan dan makrozoobentos (Sutanto, 2002). Nilai pH sebesar 7,95 juga menunjukkan kondisi perairan yang netral hingga sedikit basa, yang masih dalam kisaran pH optimal untuk kehidupan biota perairan, yaitu antara 6,5–8,5 (PP No. 22 Tahun 2021). Sementara itu, kecepatan arus sebesar 10,13 m/detik tergolong cukup tinggi dan dapat memengaruhi distribusi serta kelimpahan makrozoobentos, karena arus yang kuat cenderung membawa partikel organik dan anorganik, sehingga hanya organisme yang mampu beradaptasi dengan arus deras yang dapat bertahan (Barbour et al., 2010). Secara keseluruhan, parameter kualitas air di Stasiun 1 Sungai Bolango masih memenuhi baku mutu kelas II berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, sehingga mendukung kehidupan organisme akuatik di sungai tersebut.

Indeks Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominansi Sungai Bone

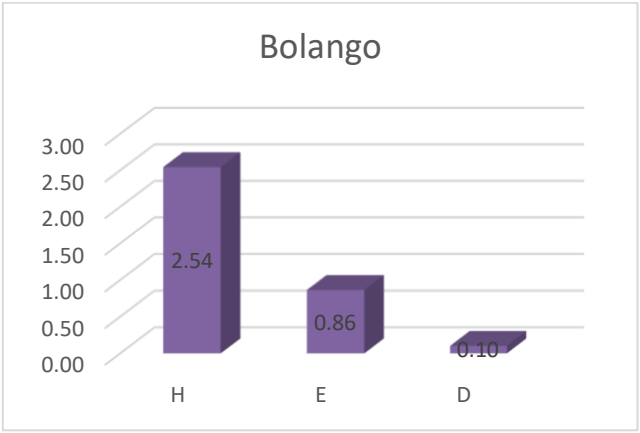


Gambar 2. Keanekaragaman, keseragaman dan dominansi di Sungai Bone

Hasil analisis indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') di Sungai Bone menunjukkan nilai 2,06 yang mengindikasikan tingkat keanekaragaman yang tinggi dengan kondisi perairan yang relatif baik. Menurut kriteria (Harahap, 2022). nilai keanekaragaman di atas 2,0 menunjukkan kondisi perairan yang tidak tercemar hingga tercemar ringan. Tingginya keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Bone mengindikasikan bahwa ekosistem perairan masih dalam kondisi yang mendukung kehidupan berbagai spesies makrozoobentos dengan tekanan ekologi yang relatif rendah.

Indeks keseragaman (E) sebesar 0,80 menunjukkan distribusi spesies yang merata tanpa adanya dominansi spesies tertentu, yang sejalan dengan penelitian di Harahap (2022) dengan nilai E 0,88-0,90. Nilai dominansi (D) yang rendah sebesar 0,18 memperkuat indikasi tidak adanya spesies yang mendominasi komunitas makrozoobentos. Kondisi ini menggambarkan ekosistem yang seimbang dengan faktor fisik-kimia perairan yang homogen, sehingga memberikan peluang yang sama bagi berbagai spesies makrozoobentos untuk berkembang dan menempati relung ekologi masing-masing.

1. Indeks Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominansi Sungai Bolango



Gambar 3. Keanekaragaman, keseragaman dan dominansi di Sungai Bolango

Berdasarkan hasil analisis data ekologi di Sungai Bolango, diperoleh nilai indeks keanekaragaman (H') sebesar 2,54, indeks keseragaman (E) sebesar 0,86, dan indeks dominansi (D) sebesar 0,10. Nilai keanekaragaman 2,54 menunjukkan tingkat keanekaragaman yang sedang hingga tinggi, yang sejalan dengan penelitian Kono et al. di Sungai Bone Kabupaten Bone Bolango yang menemukan indeks keanekaragaman perifiton berkisar 1,80-1,99 (Kono et al., 2021). Nilai keseragaman 0,86 mengindikasikan distribusi organisme yang relatif merata antar spesies, dimana nilai ini konsisten dengan temuan penelitian di Sungai Bone yang menunjukkan indeks keseragaman berkisar 0,86-0,93. Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak ada spesies tertentu yang mendominasi secara berlebihan dalam komunitas biota di lokasi penelitian.

Nilai indeks dominansi yang rendah (0,10) mengkonfirmasi bahwa tidak terdapat spesies yang mendominasi secara signifikan di Sungai Bolango, sesuai dengan prinsip bahwa semakin kecil nilai indeks dominansi menunjukkan tidak ada spesies yang mendominasi (Sirait et al., 2018). Hasil ini berbeda dengan kondisi di Sungai Ciliwung yang menunjukkan indeks dominansi hingga 0,68 di bagian hilir akibat tekanan antropogenik. Meskipun demikian, penelitian Lakoro menunjukkan bahwa Sungai Bolango mengalami kondisi polusi berat di beberapa lokasi berdasarkan Belgian Bio Index, yang dapat mempengaruhi struktur komunitas biota (Mosi et al., 2024). Kondisi habitat fisik sungai seperti substrat dasar, kecepatan arus, dan vegetasi riparian berperan penting dalam mempengaruhi struktur komunitas makroinvertebrata dan dapat menyebabkan hilangnya taksa sensitif terhadap pencemaran (Kadim & Pasisingi, 2024; Kono et al., 2021; Padja et al., 2021).

Komunitas Makrozoobentos di Sungai Bone dan Sungai Bolango

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak total 55 individu mewakili 19 genus makrozoobentos berhasil dikumpulkan. Berdasarkan taksa yang tercatat, insekta merupakan kelompok yang melimpah dengan total 19 genus mewakili Alyidae (1 genus), Baetidae (3 genus), Chironomidae (1 genus), Ecnomidae (1 genus), Emidae (1 genus), Empididae (1 genus), Heptagenidae (1 genus), Hydrobiosidae (2 genus), Hydropsychidae (3 genus), Leptophlebiidae (1 genus), Libellulidae (1 genus), Philopotamidae (1 genus),

Polycentropodidae (1 genus), Pyralidae (1 genus) dan Tabanidae (1 genus). Hydropsychidae dan Baetidae merupakan famili yang ditemukan konsisten terdistribusi serta mendominasi di semua stasiun pengamatan. Hal ini didukung oleh kondisi perairan khususnya arus yang deras deras, suhu, dan DO optimal. Menurut Welch and Naczk (1992), Baetidae dan Hydropsychidae dapat hidup di hampir semua substrat, sehingga sangat mungkin untuk menemukannya secara melimpah. Baetidae memiliki kebiasaan melayang yang memungkinkan biota ini tersebar luas (Hart et al., 2001). Keanekaragaman wilayah yang dapat didiami Hydropsychidae dan Baetidae inilah yang menyebabkan kedua famili ini ditemukan melimpah. Baetidae dapat ditemukan di sungai besar maupun sungai kecil dengan substrat pasir atau berbatu (Sudaryanti et al., 2001; Tantalu et al., 2017).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi makroinvertebrata pada dua lokasi pengamatan, ditemukan sebanyak 72 individu di Sungai Bone dan 55 individu di Sungai Bolango, sehingga total keseluruhan individu yang teridentifikasi adalah 127 individu dari berbagai famili dan genus. Komposisi komunitas didominasi oleh famili Baetidae (khususnya PlatyBaetis) dan Hydropsychidae (khususnya Cheumatopsyche dan Hydropsyche), yang tersebar merata di kedua sungai. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua sungai memiliki keanekaragaman makroinvertebrata yang cukup baik, dengan distribusi individu yang relatif seimbang antar lokasi, sehingga dapat menjadi indikator kondisi ekosistem perairan yang masih mendukung kehidupan berbagai taksa makroinvertebrata.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Bone dan Sungai Bolango, beberapa rekomendasi dapat diajukan untuk melengkapi kesimpulan dan mendukung pengelolaan berkelanjutan. Pertama, diperlukan pemantauan berkala dengan frekuensi pengambilan sampel yang lebih intensif, idealnya setiap musim, untuk mengidentifikasi dinamika komunitas makrozoobentos dan fluktuasi kualitas air secara lebih komprehensif. Kedua, studi lanjutan disarankan untuk melakukan identifikasi hingga tingkat spesies guna memperoleh data keanekaragaman hayati yang lebih akurat dan memahami sensitivitas taksa tertentu terhadap pencemaran. Ketiga, penting untuk memperluas cakupan analisis kualitas air dengan mengukur parameter tambahan seperti BOD, COD, logam berat, dan nutrien guna menilai dampak polutan spesifik. Di sisi kebijakan, temuan penelitian ini dapat menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah dalam menyusun regulasi pengelolaan sungai, termasuk penetapan zona konservasi dan pengendalian aktivitas antropogenik. Selain itu, program edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga ekosistem sungai perlu digalakkan, khususnya bagi warga di sepanjang daerah aliran sungai. Untuk meningkatkan efektivitas pemantauan, penerapan teknologi sensor *real-time* dapat dipertimbangkan. Implementasi rekomendasi-rekomendasi ini diharapkan dapat memperkuat upaya konservasi dan menjamin keberlanjutan ekosistem perairan di Provinsi Gorontalo.

DAFTAR PUSTAKA

Barbour, M. T. (2010). Rapid Bioassessment Protocols For Use In Wadeable Streams And Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates And Fish. US Environmental Protection Agency, Office Of Water.

Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Perairan. PT Kanisius.

Everall, N.C., Johnson, M.F., Wood, P., Paisley, M.F., Trigg, D.J., And Farmer, A. (2019). Macroinvertebrate Community Structure As An Indicator Of Phosphorus Enrichment In Rivers. Ecological Indicators, 107: 1–10.

Fajari, M. L. (2018). Kelimpahan Dan Keanekaragaman Makrozoobenthos Sebelum Dan Sesudah Kegiatan Budidaya Perikanan Di UPT PTPBP2KP Kepanjen, Malang, Jawa Timur (Doctoral Dissertation, Universitas Brawijaya).

Harahap, A. (2022). The Diversity Of Macrozoobenthos River Aek Buru District Labuhan Batu Utara. International Journal Of Science, Technology & Management, 3(1), 292-298.

Hart, B.T., Davies, P.E., Humphrey, C.L., Norris, R.N., Sudaryanti, S., And Trihadiningrum, Y. 2001. Application Of The Australian River Bioassessment System (AUSRIVAS) In The Brantas River, East Java, Indonesia. Journal Of Environmental Management, 62(1): 93–100.

Indirham, A. (2011). Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Sig) Dalam Penentuan Koefisien Limpasan (Kota Gorontalo) (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).

Kadim, M.K. (2012). Ekologi Komunitas Makrozoobentos Sungai Umbulrejo Di Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. Universitas Brawijaya.

Kadim, M.K. (2014). Zonasi Sungai Umbulrejo Di Kecamatan Dampit Kabupaten Malang Berdasarkan Komunitas Makrozoobentos. Jurnal Nikè, 2(2): 56–59

Kono, S., Tiopo, A. K., Pasisingi, N., & Kadim, M. K. (2021). Kelimpahan Dan Indeks Ekologis Perifiton Di Sungai Bone Kabupaten Bone Bolango Gorontalo. Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik, 5(3), 235-244.

Mosi, Y., Lihawa, F., Mahmud, M., & Novrizal, F. (2024). Analysis Of Non-Point Source (NPS) Pollutant Load And Water Capacity Of Bolango River, Gorontalo Province. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 10(11), 9904-9917.

Padja, F., Polamolo, A. I., Kadim, M. K., & Pasisingi, N. (2021). Komposisi Makrozoobentos di Sungai Desa Tolomato Kecamatan Suwawa Tengah, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, *5*(4), 357–362.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Radjak, S. R. M., Rahmatiah, R., & Hatu, D. R. R. (2023). Perilaku Masyarakat Perkotaan Dalam Membuang Sampah Di Bantaran Sungai Bone Di Kelurahan Talumolo, Kecamatan Dumbo Raya. Sosiologi Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat, 1(1), 23-35.

Rahayu, D.M., Pratama, G.Y., Effendi, H., Dan Wardiatno, Y. (2015). Penggunaan Makrozoobentos Sebagai Indikator Status Perairan Hulu Sungai Cisadane, Bogor. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 20(1): 1–8.

Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattulloh, P. (2018). Komparasi Indeks Keanekaragaman Dan Indeks Dominansi Fitoplankton Di Sungai Ciliwung Jakarta (Comparison Of Diversity Index And Dominant Index Of Phytoplankton At Ciliwung River Jakarta). Jurnal Kelautan: Indonesian Journal Of Marine Science And Technology, 11(1), 75-79.

Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattulloh, P. (2018). Komparasi Indeks Keanekaragaman Dan Indeks Dominansi Fitoplankton Di Sungai Ciliwung Jakarta (Comparison Of Diversity

Index And Dominant Index Of Phytoplankton At Ciliwung River Jakarta). Jurnal Kelautan: Indonesian Journal Of Marine Science And Technology, 11(1), 75-79.

Sudarso, Y., (2009). Potensi Larva Trichoptera Sebagai Bioindikator Akuatik. Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia, 35(2): 201–215.

Sudaryanti, S. (2022). Makroinvertebrata Bentik Untuk Bioassessment Kesehatan Daerah Aliran Sungai (DAS). UB Media.

Sutanto, R. (2002). Penerapan Pertanian Organik Yogyakarta: Kanisius.

Tantalu, L., Sudaryanti, S., Dan Mulyanto, M. (2017). Ordinasi Sungai Biru Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu Berdasarkan Makrozoobenthos. BUANA SAINS, 17(1): 1–8.

Welch, E. B., And Naczk, F., (1992). Ecological Effects Of Wastewater: Applied Limnology And Pollutant Effects, Second Edition. In Ecological Effects Of Wastewater (2nd Ed.). CRC Press.

Wilhm, J.L. (1975). Biological Indicator Of Pollution In River Ecological. Blackwell Scientific Publication. London.