

EFEKTIFITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI SUNGAI WARIORI MANOKWARI

Sabarita Sinuraya^{1*}, Elda Irma J.J. Kawulur² Servarius Sunggu³

¹Program Studi Magister Biologi Universitas Papua

²Jurusan Biologi Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Manokwari, Papua Barat 98314

*Email: itasabarita.sinuraya@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini menilai potensi makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Wariori, Manokwari (Oktober 2023). Metode yang digunakan adalah *ex post facto* dengan pengambilan sampel secara purposive random sampling. Hasil analisis menunjukkan kepadatan makrozoobentos berkisar 2.250.000–498.750.000 ind/m², didominasi oleh *Hydropsyche* sp. dan *Baetis* sp. yang merefleksikan kondisi tercemar ringan. Nilai FBI berada pada kisaran 4,09–4,55 (very good–good), sedangkan HBI tercatat 4,94–5,70 (good–fair). Indeks ASPT menunjukkan rentang 5,00–5,75 yang mengindikasikan kontaminasi ringan, sementara nilai Prati's indeks (0,77–1,07) menempatkan kualitas air dari kategori excellent hingga acceptable.

Kata kunci: makrozoobentos, bioindikator, kualitas air, sungai wariori, manokwari

Abstract

*This study assessed the potential of macrozoobenthos as bioindicators of water quality in the Wariori River, Manokwari (October 2023). The research employed an ex post facto method with purposive random sampling for data collection. The analysis revealed that macrozoobenthos density ranged from 2,250,000 to 498,750,000 ind/m², dominated by *Hydropsyche* sp. and *Baetis* sp., which reflect slightly polluted conditions. The Family Biotic Index (FBI) ranged from 4.09 to 4.55 (very good–good), while the Hilsenhoff Biotic Index (HBI) was recorded at 4.94–5.70 (good–fair). The Average Score per Taxon (ASPT) ranged from 5.00 to 5.75, indicating slight contamination, whereas Prati's Index values (0.77–1.07) classified the water quality between excellent and acceptable.*

Keywords: macrozoobenthos, bioindicator, water quality, wariori river, manokwari

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu ekosistem perairan yang memiliki peran penting bagi kehidupan manusia, baik sebagai sumber air, sarana transportasi, maupun habitat berbagai organisme akuatik, namun, aktivitas antropogenik seperti pertanian, perikanan, domestik, maupun industri berpotensi menurunkan kualitas air sungai dan berdampak pada keberlangsungan biota akuatik di dalamnya (Odum, 1993; Sinuraya et al., 2019). Oleh karena itu, pemantauan kualitas air sungai sangat diperlukan untuk mendukung pengelolaan sumber daya perairan secara berkelanjutan (Sinuraya et al., 2018; Sinuraya et al., 2019). Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam penilaian kualitas air adalah melalui bioindikator, organisme bioindikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah makrozoobentos (Sinuraya et al., 2019). Bioindikator dianggap lebih representatif dibandingkan pengukuran kimia-fisika sesaat, karena mampu menggambarkan kondisi kualitas air secara temporal maupun kumulatif (Rosenberg & Resh, 1993). Di antara berbagai organisme yang digunakan sebagai bioindikator, makrozoobentos menempati posisi penting. Organisme ini hidup menetap di substrat perairan, memiliki siklus hidup relatif panjang, dan menunjukkan respons yang berbeda terhadap pencemaran, sehingga dapat memberikan gambaran kondisi kualitas air yang lebih akurat (Hellawell, 1986; Bonada et al., 2006).

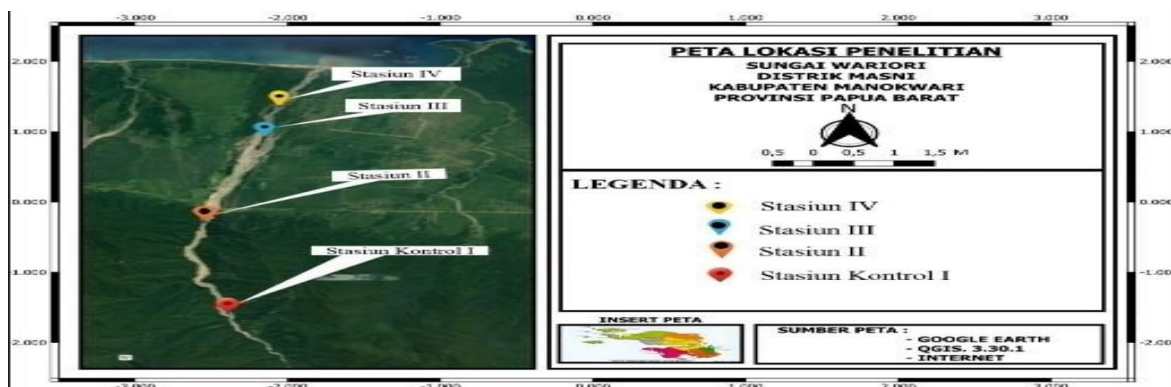
Berbagai indeks biotik telah dikembangkan untuk mengevaluasi kualitas air berbasis komunitas makrozoobentos, seperti Family Biotic Index (FBI), Hilsenhoff Biotic Index (HBI), Average Score per Taxon (ASPT), maupun Prati's Index. Penggunaan indeks-indeks ini memungkinkan interpretasi kualitas air dengan mengacu pada sensitivitas taksa tertentu terhadap pencemar organik maupun anorganik (Mandaville, 2002; Metcalfe, 1989).

Di Indonesia, penelitian mengenai makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air sudah dilakukan di beberapa daerah, seperti di Sungai Ciliwung (Suryono et al., 2017), Sungai Code (Rahayu et al., 2019), dan Danau Sentani (Paiki et al., 2021). Namun, kajian di wilayah Papua Barat, khususnya di Sungai Wariori, masih sangat terbatas. Padahal, sungai ini memiliki nilai ekologis dan sosial-ekonomi yang penting bagi masyarakat sekitar Manokwari.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menilai potensi makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Wariori. Penilaian dilakukan menggunakan beberapa indeks biotik yang telah umum dipakai secara global, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi ekosistem sungai dan menjadi dasar bagi pengelolaan kualitas air di wilayah tersebut.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada bulan September–November 2023 di Sungai Wariori, Manokwari. Metode pengambilan sampel secara *Purposive Random Sampling* (Webster & Lark, 2013), mencakup empat titik dengan tingkat aktivitas antropogenik yang berbeda: Lokasi 1, alami (minim aktivitas masyarakat). Lokasi 2 dengan aktivitas bendungan dan irigasi. Lokasi 3 dengan aktivitas perkebunan kelapa sawit serta penambangan batu dan pasir. Lokasi 4 dengan aktivitas perkebunan rakyat, peternakan, dan domestik (rumah tangga). Sampel makrozoobentos diidentifikasi di Laboratorium Biologi, Universitas Papua. Analisis kandungan nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Kimia, sedangkan pengukuran BOD (Biological Oxygen Demand) dikerjakan di Laboratorium Perikanan dan Kelautan, Universitas Papua. Lokasi Pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah mikroskop sterio, thermometer, pH meter, DO meter, gabus, meteran, botol gelap (botol *winkler* 250 ml), pipet tetes, botol sampel, *surber net*, *handnet*, baki plastik, piring plastik, *cool box*, kuas kecil, kuas besar, kamera, alat tulis dan pinset. Bahan yang digunakan adalah es batu, tali rapia, lakban, alkohol 70%, plastik gula, isolasi dan kertas label, buku identifikasi makrozoobentos (Jutting & Bethem, 1953; Edmodson, 1963; Quegley, 1977).

Prosedur

Surber net ditempatkan di substrat, substrat diaduk hingga makrozoobentos terjaring kedalam kemudian sampel dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam botol sampel yang sudah berisi alkohol 70%, sampai 100 individu dalam setiap titik pengambilan sampel, kemudian sampel dibawa ke laboratorium biologi Universitas Papua, untuk diidentifikasi menggunakan mikroskop sterio dan buku identifikasi makrozoobentos berdasarkan (Jutting & Bethem, 1953; Edmodson, 1963; Quegley, 1977), parameter fisika-kimia diukur dilapangan.

Analisis Data

Kepadatan makrozoobentos, dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan Odum (1998) yaitu:

$$K = \sum \frac{N_i}{A}$$

Keterangan :

K : Kepadatan (ind/m²)

N_i : Jumlah setiap jenis makrozoobenthos yang didapatkan (ind)

A : Luas plot (cm²)

Indeks Family Biotic (FBI) digunakan untuk menganalisis sampai tingkat family dengan rumus berdasarkan Mandaville, (2002) sebagai berikut:

$$FBI = \sum \frac{X_i T_i}{n}$$

Keterangan:

X_i : Jumlah individu setiap taxa - i (individu /lokasi)

T_i : skor daya tahan (toleransi) marga - i

N : Jumlah seluruh individu yang ditemukan (minimal 100 individu/lokasi)

Index Hilsenhoff Biotic (HBI) menganalisis sampai tingkat spesies dengan rumus berdasarkan Mandaville, (2002) sebagai berikut:

$$HBI = \sum \frac{X_i t_i}{n}$$

Keterangan :

X_i : jumlah individu pertaxa- I (individu/lokasi) t_i : skor daya tahan (toleransi) marga/genus -i

n : jumlah keseluruhan individu yang ditemukan (minimal 100 individu/lokasi)

Average Score Per Taxa (ASPT). ASPT memberikan batas toleransi spesifik genus untuk komunitas yang ditentukan oleh skor Biological Monitoring Working Party (BMWP). Dengan menghitung jumlah skor BMWP individu yang diamati (Mandaville, 2002), maka akan diperoleh nilai ASPT untuk setiap lokasi.

Nilai Indeks Kualitas Air (Prati's index). Menggunakan rumus indeks Prati's berikut, sebuah ukuran kualitas air, dapat difungsikan untuk menilai tingkat polusi di suatu perairan

$$I = \frac{\sum(I_i)}{n}$$

Keterangan :

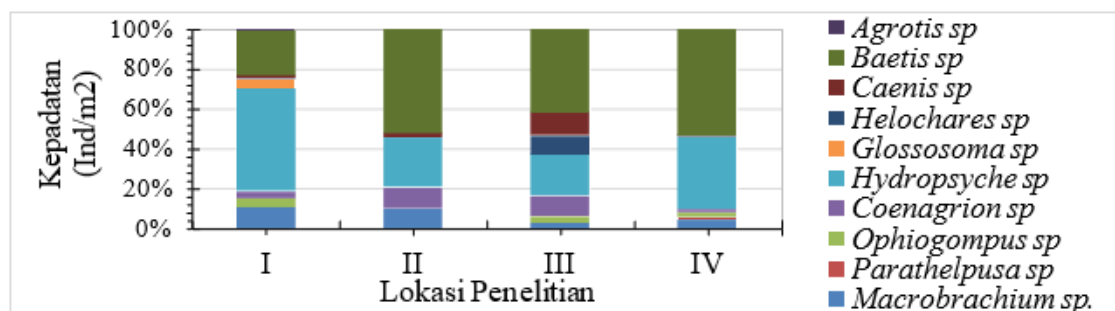
I : Indeks Kualitas Air

I_i : Nilai dari kurva sub-indek

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan makrozoobentos di seluruh lokasi berkisar antara 2.250.000 – 498.750.000 ind/m². Variasi kepadatan tersebut menggambarkan adanya perbedaan kondisi lingkungan di setiap lokasi, seperti arus, tipe substrat, ketersediaan makanan, dan kualitas perairan. Secara umum, dua genus yang mendominasi pada seluruh lokasi adalah *Hydropsyche* sp (ordo Trichoptera) dan *Baetis* sp (ordo Ephemeroptera). Kedua genus ini dikenal sebagai bioindikator perairan karena memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kualitas lingkungan, terutama oksigen terlarut dan tingkat pencemaran organik (Merritt & Cummins, 1996; Barbour et al., 1999). Lokasi I kepadatan tertinggi ditemukan pada *Hydropsyche* sp (498.750.000 ind/m²; 51,23%), diikuti *Baetis* sp (220.500.000 ind/m²; 22,65%). Tingginya kepadatan *Hydropsyche* sp pada lokasi ini menunjukkan bahwa kondisi perairan relatif jernih dan berarus deras, sesuai habitat alami genus ini yang biasanya menempel pada batu untuk membangun jaring penangkap makanan (Wallace & Merritt, 1980). Lokasi II Genus *Baetis* sp mendominasi (321.750.000 ind/m²; 52,19%), disusul *Hydropsyche* sp (152.250.000 ind/m²; 24,70%). Hal ini mengindikasikan bahwa lokasi II memiliki kondisi perairan berarus sedang hingga cepat dengan substrat berbatu atau berpasir yang cocok untuk perkembangan *Baetis* sp. Menurut Bauernfeind & Soldán (2012), *Baetis* sering ditemukan pada sungai dengan kualitas air baik dan ketersediaan oksigen tinggi. Lokasi III kepadatan tertinggi tetap didominasi *Baetis* sp (390.000.000 ind/m²; 42,04%), kemudian *Hydropsyche* sp (194.250.000 ind/m²; 20,94%). Pola ini serupa dengan lokasi II, yang menegaskan bahwa habitat di lokasi III juga mendukung perkembangan *Baetis* sp. Adanya dominasi *Baetis* sp biasanya menunjukkan tingkat pencemaran organik yang rendah hingga sedang (Resh & Rosenberg, 1984). Lokasi IV kepadatan tertinggi terdapat pada *Baetis* sp (407.250.000 ind/m²; 53,36%), disusul *Hydropsyche* sp (36,26%). Dominasi *Baetis* sp di lokasi II, III, dan IV menunjukkan bahwa kondisi lingkungan secara keseluruhan cukup mendukung keberlangsungan hidup genus ini. Secara keseluruhan, dominasi *Baetis* sp dan *Hydropsyche* sp di semua lokasi menunjukkan bahwa kondisi perairan masih tergolong baik. Kedua genus ini termasuk kelompok EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*) yang sering digunakan sebagai bioindikator kualitas air karena sensitif terhadap pencemaran (Lenat, 1988; Bonada et al., 2006). Variasi kepadatan antar lokasi kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan keadaan parameter fisika kimia di setiap lokasi seperti: kecepatan arus, yang menentukan ketersediaan oksigen dan kemampuan larva menempel pada substrat. Tipe substrat, seperti batu, pasir, atau kerikil yang menjadi tempat hidup makrozoobentos. Input bahan organik, yang menjadi sumber makanan, aktivitas antropogenik, seperti buangan domestik atau perubahan penggunaan lahan di sekitar sungai. Dengan demikian, tingginya kepadatan *Baetis* sp dan *Hydropsyche* sp mengindikasikan bahwa kualitas perairan di lokasi penelitian relatif masih baik, meskipun variasi komposisi menunjukkan adanya perbedaan faktor lingkungan di tiap lokasi. Grafik kepadatan di setiap lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar (2).



Gambar 2. Nilai Kepadatan di setiap Lokasi Penelitian

Indeks FBI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai FBI (*Family Biotic Index*) pada seluruh lokasi penelitian berkisar antara 4,09 – 4,55. Indeks FBI merupakan metode bioindikator yang digunakan untuk menilai tingkat pencemaran organik pada perairan dengan melihat komposisi dan toleransi makrozoobentos (Hilsenhoff, 1988).

Menurut Barbour *et al.*, (1999) lokasi dengan nilai mendekati 4,09 menunjukkan kualitas air baik, dengan pencemaran organik rendah, dan lokasi dengan nilai mendekati 4,55 menunjukkan kualitas air sedang, dengan pencemaran organik pada tingkat ringan sampai sedang. Nilai FBI yang relatif rendah ini sejalan dengan dominasi genus *Baetis sp* dan *Hydropsyche sp* yang ditemukan sebelumnya. Kedua genus tersebut termasuk ke dalam kelompok EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), yang umumnya sensitif terhadap pencemaran organik dan lebih banyak ditemukan pada perairan dengan kualitas baik (Lenat, 1988; Bonada *et al.*, 2006). Dengan demikian, hasil FBI mengonfirmasi bahwa kondisi perairan pada lokasi penelitian masih dalam kategori baik hingga sedang, dengan tingkat pencemaran organik yang relatif rendah. Variasi antara lokasi dapat dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik, seperti buangan domestik, penggunaan lahan sekitar sungai, maupun perbedaan fisika kimia perairan seperti arus, substrat, dan ketersediaan oksigen terlarut.

Indeks HBI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai HBI (*Hilsenhoff Biotic Index*) di seluruh lokasi penelitian berkisar antara 4,94 – 5,70. Indeks HBI digunakan untuk menilai tingkat pencemaran organik suatu perairan berdasarkan kehadiran dan kelimpahan makrozoobentos yang memiliki toleransi berbeda terhadap pencemaran sampai Tingkat spesies, (Hilsenhoff, 1988). Berdasarkan Hilsenhoff, (1988) rentang nilai HBI 4,94 – 5,70, menyatakan terdapat pencemaran organik ringan hingga sedang. Nilai HBI yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar komunitas makrozoobentos masih didominasi oleh genus *Baetis sp* (*Ephemeroptera*) dan *Hydropsyche sp* (*Trichoptera*) yang relatif sensitif terhadap pencemaran, namun keberadaan organisme yang lebih toleran kemungkinan juga memberikan kontribusi pada nilai indeks ini. Hal ini wajar terjadi pada perairan yang mulai mendapat tekanan aktivitas penambangan, antropogenik, misalnya dari limbah domestik, aktivitas pertanian, maupun perubahan penggunaan lahan di sekitar daerah aliran sungai (Barbour *et al.*, 1999; Bonada *et al.*, 2006). Nilai FBI dan HBI jika dibandingkan maka nilai FBI (4,09 – 4,55) yang lebih cenderung menunjukkan kualitas air baik hingga sedang, sementara nilai HBI (4,94 – 5,70) memperkuat temuan bahwa perairan masih relatif mendukung kehidupan organisme sensitif, tetapi tidak sepenuhnya bebas dari pengaruh pencemaran organik. Sehingga dapat dikatakan perairan masih tergolong cukup sehat secara ekologis, karena didominasi oleh taksa EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), namun, adanya nilai HBI mendekati batas atas (5,70) memberi sinyal perlunya pengelolaan kualitas air, agar pencemaran organik tidak meningkat. Pengendalian aktivitas penambangan, buangan domestik dan aktivitas pertanian di sekitar lokasi dapat membantu menjaga kualitas perairan agar tetap mendukung keanekaragaman makrozoobentos.

Indeks ASPT

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ASPT pada seluruh lokasi pengamatan berada pada kisaran 5,00 – 5,75. Indeks ASPT dihitung berdasarkan skor BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) yang dibagi dengan jumlah taksa yang ditemukan. Indeks ini digunakan untuk menilai kualitas perairan berdasarkan kehadiran dan keanekaragaman makrozoobentos (Armitage *et al.*, 1983).

Menurut Armitage *et al.*, (1983) menyatakan nilai ASPT 5,00 – 5,75 mengindikasikan bahwa perairan di lokasi penelitian berada pada kategori baik, dengan tingkat pencemaran organik rendah, sehingga nilai ASPT yang relatif tinggi ini sejalan dengan dominasi taksa EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), khususnya genus *Baetis sp* dan *Hydropsyche sp*, yang ditemukan dalam jumlah besar pada

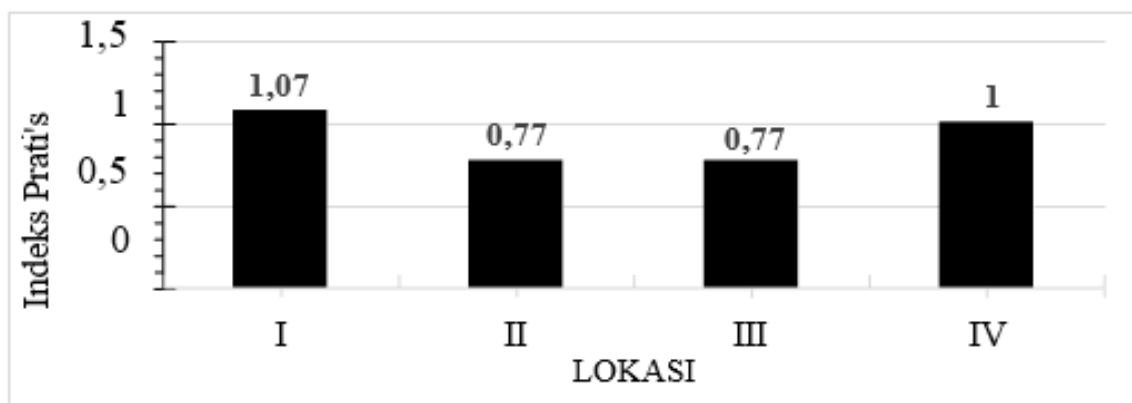
penelitian ini. Taksa EPT umumnya sensitif terhadap pencemaran dan lebih sering dijumpai pada perairan dengan oksigen terlarut tinggi dan arus yang cukup kuat (Lenat, 1988; Bonada *et al.*, 2006). Kondisi ini juga konsisten dengan hasil indeks lain (FBI dan HBI) yang menunjukkan kualitas air masih relatif baik hingga sedang. Namun, karena nilai ASPT belum mencapai $>6,0$, dapat disimpulkan bahwa meskipun kualitas air cukup baik, masih ada pengaruh pencemaran organik ringan dari aktivitas sekitar sungai, seperti buangan domestik, aktivitas pertanian, dan penggunaan lahan, hal ini dapat dikatakan perairan pada lokasi penelitian masih mampu mendukung keberadaan organisme sensitif dan menjaga keanekaragaman makrozoobentos dan nilai ASPT dalam kategori baik menjadi indikasi bahwa ekosistem sungai relatif sehat, namun tetap perlu dilakukan pengelolaan agar kualitas air tidak menurun akibat peningkatan beban organik. Nilai indeks FBI, indeks HBI dan indeks ASPT dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Indeks FBI, Indeks HBI dan Indeks ASPT

Lokasi	Indeks FBI	Indeks HBI	Indeks ASPT
I	4,09	4,94	5,60
II	4,38	5,70	5,00
III	4,55	5,60	5,60
IV	4,11	5,31	5,75

Indeks Prati's

Berdasarkan hasil indeks prati's diperoleh data dengan rentang angka dari 0,77 sampai 1,07 (Gambar 3). Angka paling tinggi ditemukan pada lokasi I dan angka paling rendah terdapat pada lokasi II dan III, yaitu 0,77 sedangkan lokasi IV dengan angka 1. Jika dihubungkan dengan klasifikasi mutu perairan menurut indeks prati's disimpulkan bahwa mutu perairan sungai wariori pada lokasi penelitian yang dilakukan yaitu Lokasi II, III dan IV termasuk dalam kategori *exellent* (mutu air sangat bagus), lokasi I termasuk dalam kategori *Acceptable* (sudah ada bahan pencemar yang ditemukan tapi masih dapat diterima) (Ott, 1978).



Gambar 3. Nilai Indeks Prati's di Setiap Lokasi Penelitian

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa makrozoobentos berpotensi kuat digunakan sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Wariori. Kepadatan makrozoobentos yang tinggi dengan dominasi *Hydropsyche sp.* dan *Baetis sp.* mengindikasikan kondisi perairan yang masih relatif baik meskipun terdapat pencemaran organik ringan. Nilai indeks biotik (FBI, HBI, ASPT, dan Prati's Indeks) secara konsisten menempatkan kualitas air Sungai Wariori dalam kategori baik hingga sangat baik. Perlu adanya pemantauan berkelanjutan mengingat banyaknya aktivitas diatas sungai wariori terutama tambang emas yang sudah mengakibatkan penggundulan hutan dan hilangnya pohon sebagai penyanggah sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., & Furse, M. T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17(3), 333–347.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51, 495–523.
- Bauernfeind, E., & Soldán, T. (2012). *The Mayflies of Europe*. Apollo Books.
- Edmoson, W.T. 1963. *Fresh Water Biology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Hellawell, J. M. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier.

- Jutting, W.S.S, and Van Bethem. 1953. Critical Revision of The Freshwater Javaneses Gastropod . *Treubia*. A Journal of Zoology, Hidrobiology and Oceanography of Indo Australians Archipelago. 22(1): 259-477.
- Lenat, D. R. (1988). Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(3), 222–233.
- Mandaville, S. M. (2002). Benthic macroinvertebrates in freshwaters: Taxa tolerance values, metrics, and protocols. Nova Scotia: Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
- Metcalfe, J. L. (1989). Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60(1-2), 101–139. Metrics, and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt.
- Odum, E. P. (1993). *Basic Ecology*. Saunders College Publishing.
- Paiki, E. D., Suryanto, A., & Saragih, B. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Danau Sentani, Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 13(1), 45–56.
- Quigley, M. 1977. *Invertebrates of Streams and Rivers: A Key To Identification*. Edward Arnold Publ. Ltd. London.
- Rahayu, S., Setyawan, A., & Priyono, B. (2019). Analisis kualitas air Sungai Code berdasarkan makrozoobentos. *Biosfera*, 36(2), 101–110.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall.
- Suryono, A., Riani, E., & Sulistiono. (2017). Struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Ciliwung sebagai bioindikator kualitas perairan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 94–103.
- Sinuraya, S, Endang, A, Suharjono, C. Retnaningdyah. 2018. *Evaluasi Kualitas Air di Sungai Prafi, Manokwari, Papua Barat Menggunakan Macrozoobenthos Biotics Index dan Physicochemical of Parameter Air*. *Jurnal Ekologi*.20 (108) hal 229-236.
- Sinuraya, S, Endang, A, Suharjono, C. Retnaningdyah. 2019. *Use of Macrozoobenthic for Water Quality Monitoring in Ecotourism Area of Prafi River, Manokwari, West Papua*. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*
- Sinuraya, S. 2019. *Efektivitas Diversitas Diatom dan Makrozoobentos sebagai Bioindikator Perubahan Kualitas Air Sungai Prafi, Manokwari, Papua Barat*. Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ott, Wayne R. 1978. *Environmental Indices Theory and Practice*. Michigan :Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems*. Academic Press.
- Wallace, J. B., & Merritt, R. W. (1980). Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, 25, 103–132.