

## Macrozoobenthos Diversity as A Bioindicator of Water Quality in River Sesaot Village Narmada West Lombok

Ernawati<sup>1\*</sup>, Immy Suci Rohyani<sup>1</sup>, Rifki Hidayatul Ardi<sup>1</sup>, Annisa Firda Wahyuningsih<sup>1</sup>, Baiq Hana Tasya Muflihah<sup>1</sup>, Rizki Aditia Zubair<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Environmental Science Study Program, University of Mataram, Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;

### Article History

Received : June 02<sup>th</sup>, 2023

Revised : June 25<sup>th</sup>, 2023

Accepted : July 03<sup>th</sup>, 2023

\*Corresponding Author:

**Ernawati**, Environmental Science Study Program, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

[ernawati3355@gmail.com](mailto:ernawati3355@gmail.com)

**Abstract:** Sesaot River is a river located in Narmada, West Lombok. The Sesaot River has been widely used by the surrounding community for their agricultural, plantation and daily activities. The high activity of the people around the river causes a decrease in the quality of river water. Macrozoobenthos is a bioindicator that can be used to describe a water's air quality. The purpose of this research is to examine the water quality of the Sesaot River utilizing macrozoobenthos as a bioindicator. The study was carried out at three different locations along the Sesaot River: upstream, middle, and downstream. At each observation site, macrozoobenthos ecological study and measurements of river water physical and chemical parameters were performed. According to observations, the pH, DO, and TDS of river water remain within the range of acceptable environmental quality standards. The macrozoobenthos found in the Sesaot Narmada river consist of 3 classes, 8 families and 8 species. Gastropoda, Mollusca, and Insecta are the third class discovered. The macrozoobenthic diversity index values discovered ranged from 0.8 to 1.35. Based on these findings, the macrozoobenthos diversity at the three locations is low. The uniformity index values obtained at the three stations ranged from 0.03 to 0.07, indicating that the distribution of individuals was unequal and unbalanced. At the three stations, the dominance index ranged from 0.27 to 0.55. Based on the findings, it is possible to conclude that the water quality of the Sesaot Narmada river is moderately to badly polluted.

**Keywords:** Bioindicator, macrozoobenthos, sesaot river, water quality.

### Pendahuluan

Sungai Sesaot merupakan sungai yang terletak di Narmada, Lombok Barat. Sungai Sesaot telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk kebutuhan pertanian, perkebunan maupun kegiatan sehari-hari. Pada beberapa titik di badan sungai menjadi tempat pembuangan sampah oleh masyarakat. Selain itu, pembuangan air limbah rumah tangga juga langsung dialirkan ke sungai. Adanya berbagai aktivitas tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air sungai.

Sungai merupakan salah satu ekosistem lotik (perairan mengalir) yang memiliki fungsi sebagai tempat hidup organisme. Penurunan kualitas perairan dapat menyebabkan terganggunya aktivitas organisme yang hidup

di sungai tersebut. Penentuan kualitas perairan dapat dilakukan dengan menggunakan respon biota terhadap tekanan lingkungan untuk mendeskripsikan kualitas air dan kondisi lingkungan yang dikenal sebagai bioindikator (Sundaravaman *et al.*, 2012). Salah satu biota yang dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas air sungai yaitu makrozoobentos.

Makrozoobentos adalah organisme yang paling beragam di ekosistem air tawar dan memainkan peran penting dalam menjaga struktur dan fungsional ekosistem air tawar (Wang *et al.*, 2021). Makrozoobentos hidup di permukaan atau di sedimen perairan. Keberadaan makrozoobentos tersebar luas dan biasanya paling melimpah di lumpur dan sedimen lunak yang kaya akan bahan organik. Pergerakan makrozoobentos sangat terbatas,

dan relatif menetap pada substrat tertentu, membuat makrozoobentos lebih peka terhadap tekanan lingkungan seperti deklamasi kualitas air dan sedimen (Sahidin *et al.*, 2018; Lestari dan Rahmanto, 2019).

Makrozoobentos merupakan salah satu bioindikator paling banyak digunakan dalam pemantauan dan penilaian kualitas air (Wang *et al.*, 2021). Makrozoobentos merupakan bioindikator yang baik karena dapat beradaptasi terhadap pencemaran lingkungan. Siklus hidup yang relatif panjang, jumlah yang melimpah, serta memiliki respon beragam terhadap kondisi kualitas air dari tingkat individu maupun komunitas membuat makrozoobentos banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas air. Makrozoobentos juga mudah dianalisis dan pengumpulannya relatif mudah. Ketika komunitas makrozoobentos terganggu, maka ekosistem juga terpengaruh (Firmansyah *et al.*, 2016).

Penelitian penggunaan makrozoobentos sebagai bioindikator telah banyak dilakukan. Kepadatan, kelimpahan, keanekaragaman jenis, keseragaman, dominansi serta nilai indeks AMBI (*A Marine Biotic Index*) dari makrozoobentos dapat dijadikan sebagai gambaran kualitas dari perairan yang diamati (Jhonatan *et al.*, 2016; Maida *et al.*, 2017; Pelealu *et al.*, 2018; Sahidin *et al.*, 2018; Chazanah *et al.*, 2020; Fadilla *et al.*, 2021; Nurainah and Hanafiah, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keanekaragaman jenis makrozoobentos yang dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia perairan sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas air sungai Sesaot.

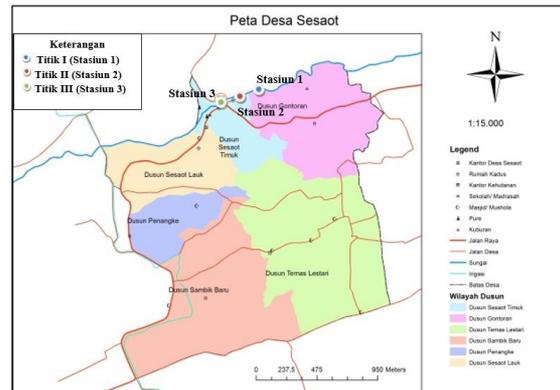
## Bahan dan Metode

### Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2023 di Sungai Sesaot Narmada, Mataram, Nusa Tenggara Barat. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 bagian sungai, yaitu hulu (Stasiun 1), tengah (Stasiun 2) dan hilir (Stasiun 3).

### Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu botol sampel, ice boox, termometer, surber net, kamera, alat tulis, aquades dan alkohol 70%.



Gambar 1. Lokasi penelitian

## Pengambilan sampel

Metode pengambilan sampel makrozoobentos yaitu menggunakan metode *purposive random sampling* yaitu metode pencuplikan yang dilakukan secara sengaja. Pengambilan dari contoh makrozoobentos dilakukan dengan menggunakan surber net di dasar perairan sungai dengan cara mengeruk bagian luasan petak. Parameter kimia dan fisika yaitu pH, *Dissolve Oxygen* (DO), *Total Dissolve Solid* (TDS) dari setiap stasiun diamati.

## Analisis data

### Indeks keanekaragaman (H')

Keanekaragaman jenis makrozoobentos dihitung menggunakan Indeks keanekaragaman (H') Shannon dan Weaner pada persamaan 1 (Fachrul, 2007).

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

Keterangan :

- H' : Indeks keanekaragaman
- Pi : ni/N (rasio jumlah individu satu marga terhadap keseluruhan marga)
- ni : Jumlah individu setiap jenis
- N : Jumlah total individu yang ditemukan

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Fadilla *et al.*, 2021).

- 0 < H' < 2,302 : Keanekaragaman rendah
- 2,302 < H' < 6,907 : Keanekaragaman sedang
- H' > 6,907 : Keanekaragaman tinggi

### Indeks keseragaman (E)

Tingkat keseragaman jenis makrozoobentos dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2 (Krebs, 1989).

$$E = \frac{H'}{\ln s} \quad (2)$$

Keterangan:

- E : Indeks Keseragaman  
 H' : Indeks Keanekaragaman  
 S : Jumlah spesies

### Indeks dominansi (C)

Tingkat dominansi suatu spesies dalam komunitas dihitung menggunakan indeks dominansi Simpson pada persamaan 3 (Krebs, 1989).

$$C = \sum_{i=1}^s \left(\frac{ni}{N}\right)^2 \quad (3)$$

Keterangan:

- C : Indeks Dominansi  
 Ni : Jumlah individu setiap jenis

## Hasil dan Pembahasan

### Kondisi fisik dan kimia aliran sungai Sesaot Narmada

Kondisi fisik dan kimia perairan memberikan pengaruh terhadap keberadaan suatu organisme terutama hewan makrozoobentos baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa parameter fisik dan kimia seperti kecerahan, kedalaman, suhu, kecepatan arus, salinitas, pH, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), *Total Suspended Solid* (TSS) mempunyai pengaruh terhadap kualitas perairan dalam mendukung keberadaan hewan makrozoobentos (Pamuji, 2015). Hasil penelitian Sahidin *et al.*, (2018) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perbedaan distribusi spasial makrozoobentos dapat dipengaruhi oleh kedalaman, suhu, salinitas, dan jenis substrat.

Parameter fisik dan kimia seperti pH, DO dan TDS diamati pada penelitian ini (Tabel 1). Nilai pH air sungai yang teramati berkisar antara 7,16 – 7,86. Nilai tersebut relatif netral dan menunjukkan keadaan perairan masih tergolong baik dan masih berada pada kisaran baku mutu lingkungan yaitu 7 – 8,5 (PP RI No.22 Tahun 2021). Kelompok organisme makrozoobentos umumnya dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan perairan yang memiliki kisaran pH 7 (netral) (Winarti dan Harahap, 2021).

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada aliran sungai Sesaot didapatkan berkisar antara 5,9 – 6,4 mg/L. Nilai DO terendah didapatkan pada stasiun 3 yaitu sebesar 5,9. Rendahnya nilai DO dapat disebabkan karena adanya aktivitas masyarakat disekitar sungai seperti mencuci pakaian dan membuang sampah sembarangan. Namun demikian, nilai DO yang diperoleh masih berada di atas baku mutu yaitu >5 mg/L (PP RI No.22 Tahun 2021). Kondisi tersebut masih memungkinkan bagi makrozoobentos untuk hidup di sungai Sesaot.

*Total Dissolved Solid* (TDS) dari aliran sungai sesaot berkisar antara 57,7 – 59,9 ppm. Nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 1. Hal ini dapat disebabkan karena tingginya kandungan senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air. Tingginya kadar TDS dapat disebabkan karena keberadaan senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, berupa ion mineral dan garam (Fadilla *et al.*, 2021). Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri).

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran beberapa parameter fisika-kimia di Sungai Sesaot Narmada

Parameter	Satuan	Stasiun			Baku mutu*
		1	2	3	
pH	–	7,16	7,86	7,34	7,0 – 8,5
DO	mg/L	6,4	6,2	5,9	>5
TDS	ppm	59,9	58,1	57,7	–

\*PP RI No.22 Tahun 2021 Lampiran VIII

Pengamatan terhadap kondisi substrat pada setiap stasiun juga dilakukan. Kondisi substrat pada stasiun 1 menunjukkan terdapat banyak batuan dan kerikil serta sedikit berpasir. Stasiun 2 juga terdapat bebatuan dan kerikil, namun lebih berlumpur dibandingkan pada stasiun 1.

Sedangkan pada stasiun 3 kondisi substrat mirip dengan stasiun 1 yaitu terdapat banyak bebatuan dan kerikil serta sedikit berpasir. Makrozoobentos paling banyak ditemukan pada permukaan bebatuan dan sebagian pada permukaan air.

### Indeks ekologi

Hasil observasi yang telah dilakukan, makrozoobentos yang ditemukan di sungai Sesaot Narmada terdiri dari 3 kelas, 8 Famili dan

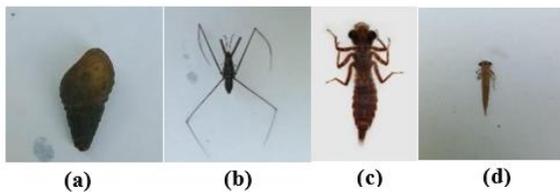
8 spesies. Ketiga kelas yang ditemukan yaitu Gastropoda, Molusca, dan Insecta. Jenis makrozoobentos yang ditemukan pada aliran sungai Sesaot Narmada disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Makrozoobentos yang ditemukan pada aliran Sungai Sesaot Narmada

No	Kelas	Famili	Spesies	Stasisun		
				1	2	3
1	Gastropoda	Thiaridae	<i>Terebia Granifera</i>	√	×	×
		Physidae	<i>Physella Acuta</i>	×	√	×
		Ampullaridae	Pomacea	×	√	×
			Canaliculata			
			Thiaridae	<i>Melanoides</i>	×	×
2	Molusca	Cyrenidae	<i>Corbicula</i>	×	√	√
			Flumineae			
3	Insecta	Gerridae	Genera	√	√	√
		Aeshnidae	Tasmanian Darner	√	×	×
		Rambur				
		Libellulidae	<i>Pantala Flavescens</i>	√	×	×
		Rambur				

Keterangan: √: Ditemukan, ×: Tidak ditemukan

Komposisi kelas makrozoobentos pada ketiga stasiun pengamatan terdiri dari Gastropoda (57%), Molusca (15%), dan Insecta (28%). Gastropoda merupakan kelas yang paling banyak ditemukan pada ketiga stasiun pengamatan. Gastropoda merupakan organisme yang tersebar luas pada substrat berbatu, berpasir dan berlumpur, tetapi organisme ini cenderung menyukai substrat dasar berpasir dan sedikit berlumpur (Winarti and Harahap, 2021). Kondisi substrat yang sedikit berpasir dan banyak bebatuan serta sedikit berlumpur mendukung kehidupan gastropoda.

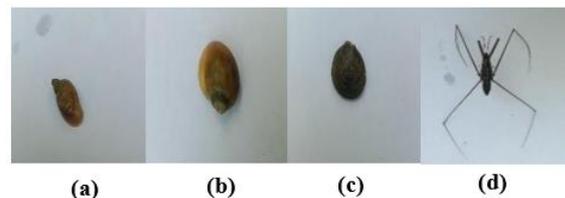


**Gambar 2.** Makrozoobentos yang ditemukan pada stasiun 1 (a) *Terebia granifera*; (b) *Genera*; (c) *Tasmanian darner*; (d) *Pantala flavescens*

Stasiun 1, kelas insecta paling banyak ditemukan dengan spesies dominan adalah spesies *Genera* sebanyak 9 individu. Kelas lain yang ditemukan pada stasiun 1 yaitu kelas Gastropoda yaitu spesies *Terebia Granifera*. Kondisi perairan yang cukup tenang dan

rendahnya aktivitas masyarakat disekitar aliran sungai, memungkinkan untuk spesies *Terebia Granifera* untuk hidup.

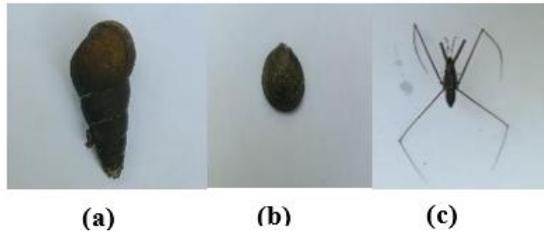
Kelas Gastropoda, Mollusca, dan Insecta ditemukan di stasiun 2 dengan spesies yang paling banyak ditemukan adalah spesies *Physella Acuta* dari kelas Gastropoda. Jumlah individu yang ditemukan pada stasiun 2 untuk semua spesies tidak jauh berbeda yaitu pada rentang 7-9 individu. Kondisi substrat yang berbatu dan sedikit berpasir merupakan substrat yang cukup disukai oleh kelompok kelas Gastropoda.



**Gambar 3.** Makrozoobentos yang ditemukan pada stasiun 2 (a) *Physella acuta*; (b) *Pomacea canaliculata*; (c) *Corbicula fluminea*; (d) *Genera*

Ketiga kelas pada stasiun 3 juga ditemukan dengan masing-masing kelas ditemukan satu jenis spesies. Jumlah individu yang paling banyak ditemukan adalah spesies *Melanoides Tuberculata* sebanyak 17 individu. Spesies ini paling banyak ditemukan menempel pada bebatuan. Kondisi substrat perairan yang sedikit

berlumpur dan berbatu mendukung kehidupan dari spesies *Melanoides Tuberculata*.



**Gambar 4.** Makrozoobentos yang ditemukan pada stasiun 3 (a) *Melanoides tuberculata*; (b) *Corbicula fluminea*; (c) *Genera*

### Indeks keanekaragaman markozobentos ( $H'$ )

Data indeks keanekaragaman yang didapatkan pada ketiga stasiun disajikan pada Gambar 5. Tingkat keanekaragaman makrozoobentos pada ketiga stasiun tergolong rendah. Hal ini juga didukung oleh data jenis makrozoobentos yang ditemukan di sungai Sesaot yang cenderung tidak merata (Tabel 2).

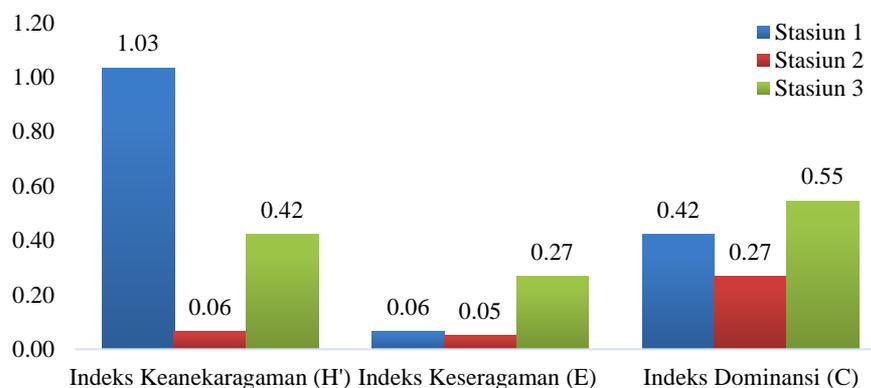
Indeks keanekaragaman paling tinggi ditemukan pada stasiun 2 yaitu sebesar 1,35. Stasiun 2 ditemukan spesies dengan jumlah individu antar spesies cenderung lebih seimbang. Indeks keanekaragaman yang tinggi pada stasiun 2 dapat disebabkan karena substrat dasar perairan sedikit berlumpur dengan adanya batuan yang mendukung kehidupan makrozobentos. Substrat halus berlumpur dan bebatuan merupakan habitat yang paling baik bagi makrozoobentos untuk mendapatkan makanan, berlindung dari arus dan menempel (Winarti dan Harahap, 2021). Sedangkan pada substrat berupa kerikil dengan pasir, makrozoobentos akan mudah terbawa arus sehingga sulit untuk menempel atau mengendap pada substrat.

Indeks keanekaragaman paling rendah didapatkan pada stasiun 3 yaitu sebesar 0,80. Tingkat keanekaragaman yang rendah menunjukkan penyebaran individu tiap jenis cenderung tidak merata dan kondisi stabilitas komunitas cenderung rendah. Desinawati et al. (2018) menyebutkan bahwa adanya gangguan dari lingkungan dan tekanan ekologi dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem, dimana terdapat jumlah spesies yang semakin kecil serta terdapat individu yang jumlahnya meningkat. Pada stasiun 3, jumlah individu dari spesies *Melanoides Tuberculata* pada kelas gastropoda paling banyak ditemukan dibandingkan dengan jumlah individu dari kelas molusca dan insecta.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi rendahnya keanekaragaman makrozoobentos yaitu terdapat saluran pembuangan air limbah sisa kegiatan rumah tangga pada stasiun 3. Selain itu, masih ditemui masyarakat yang melakukan kegiatan cuci pakaian dan membuang sampah di badan sungai. Aktivitas ini dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan organisme serta menurunnya kualitas air sungai. Hal ini didukung dengan didapatkan nilai oksigen terlarut yang cukup rendah pada stasiun 3 (Tabel 1).

### Indeks keseragaman (E)

Indeks keseragaman jenis makrozoobentos menunjukkan keseragaman jumlah populasi antar jenis suatu makhluk hidup pada suatu komunitas (Efriningsih et al., 2016). Nilai indeks keseragaman yang diperoleh pada ketiga stasiun berkisar antara 0,03 – 0,07. Keseragaman tertinggi pada stasiun 1 (0,07) dan terendah pada stasiun 3 sebesar 0,03.



**Gambar 5.** Indeks ekologi makrozoobentos di aliran Sungai Sesaot Narmada

Nilai indeks keseragaman (E) berkisar antara 0 – 1. Nilai indeks keseragaman mendekati 1 menunjukkan keseragaman tinggi dan menggambarkan tidak ada jenis yang mendominasi sehingga persebaran jumlah individu pada setiap jenis sangat seragam atau merata. Sebaliknya, jika nilai keseragaman mendekati 0, maka keseragaman rendah dan menggambarkan terdapat jenis yang mendominasi (Krebs, 1989). Nilai indeks keseragaman makrozoobentos di sungai Sesaot Narmada pada ketiga stasiun pengamatan termasuk dalam kategori keseragaman rendah. Persebaran individu tidak merata dan tidak seimbang, dimana terdapat jenis atau individu yang mendominasi.

### Indeks dominansi (D)

Nilai indeks dominansi dibagi menjadi beberapa kategori yaitu nilai indeks dominansi  $C \geq 0,6$  dikategorikan tinggi, nilai indeks dominansi  $0,3 \leq C < 0,6$  dikategorikan sedang, dan jika nilai indeks dominansi  $0 \leq C < 0,3$  dikategorikan rendah (Odum, 1998). Semakin tinggi nilai indeks dominansi pada suatu stasiun oleh suatu spesies terhadap spesies lainnya menunjukkan perairan tersebut labil, dan semakin rendah nilai dominansi pada suatu perairan oleh suatu spesies terhadap spesies lainnya menunjukkan bahwa lingkungan perairan tersebut Stabil (Fachrul, 2007). Indeks dominansi yang diperoleh pada ketiga stasiun pengamatan berkisar antara 0,27 – 0,55 (Gambar 5).

Indeks dominansi pada sungai Sesaot pada ketiga stasiun pengamatan masuk dalam kategori sedang. Indeks dominansi tertinggi didapatkan pada stasiun 3 yaitu sebesar 0,55. Pada stasiun 3, spesies paling mendominasi adalah spesies *Melanoides Tuberculata*, dimana *Melanoides Tuberculata* paling banyak ditemukan dibandingkan spesies *Corbicula Fluminea* dan *Genera*. Kondisi substrat yang berbatu dan sedikit berlumpur mendukung kehidupan gastropoda pada stasiun 3. Nilai indeks dominansi terendah didapatkan pada stasiun 2 yaitu sebesar 0,27. Nilai tersebut menyatakan bahwa di lokasi tempat pengamatan tidak terdapat spesies yang mendominasi.

### Kondisi perairan sungai Sesaot Narmada

Klasifikasi Sastrawijaya (2000), klasifikasi derajat pencemaran air berdasarkan

indeks keanekaragaman dapat diklasifikasikan menjadi  $H' < 1,0$  : Tercemar Berat,  $H' = 1,0-1,6$  : Tercemar Sedang,  $H' = 1,6-2,0$  : Tercemar Ringan, dan  $H' > 2,0$  : Tidak Tercemar. Indeks keanekaragaman makrozoobentos pada stasiun 1 dan 2 berada pada rentang 1,0 – 1,6, sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas air sungai pada stasiun 1 dan 2 Sungai Sesaot Narmada masuk pada kategori tercemar sedang. Sedangkan pada stasiun 3 diperoleh nilai indeks keanekaragaman kurang dari 1. Hal ini menunjukkan kualitas air sudah tercemar berat. Kondisi ini dapat disebabkan karena tingginya aktivitas masyarakat di sekitar badan sungai serta adanya tumpukan sampah di sekitar badan sungai.

### Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, Makrozoobentos yang ditemukan di sungai Sesaot Narmada terdiri dari 3 kelas, 8 Famili dan 8 spesies. Ketiga kelas yang ditemukan yaitu Gastropoda, Molusca, dan Insecta. Nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos yang ditemukan berkisar antara 0,8 – 1,35. Berdasarkan data tersebut, tingkat keanekaragaman makrozoobentos pada ketiga stasiun tergolong rendah. Nilai indeks keseragaman yang diperoleh pada ketiga stasiun berkisar antara 0,03 – 0,07. Keseragaman tertinggi pada stasiun 1 (0,07) dan terendah pada stasiun 3 sebesar 0,03. Indeks dominansi yang diperoleh pada ketiga stasiun pengamatan berkisar antara 0,27 – 0,55. Kondisi fisik kimia air sungai menunjukkan bahwa nilai pH, DO, dan TDS masih dalam rentang baku mutu lingkungan (PP RI No.22 Tahun 21). Berdasarkan kondisi fisika-kimia perairan dan data indeks ekologi dari makrozoobentos maka dapat disimpulkan bahwa kualitas air dari sungai Sesaot narmada dalam kondisi tercemar sedang hingga tercemar berat.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Laboratorium Ilmu Lingkungan Program Studi Ilmu Lingkungan FMIPA Universitas Mataram dalam membantu analisis fisik-kimia sampel air serta pihak lainnya yang membantu dalam kelancaran penelitian ini.

## Referensi

- Chazanah, N. Muntalif, B.S. Rahmayani, R.A. and Sudjono, P. (2020). Macrozoobentos Distribution as a Bioindicator of Water Quality in the Upstream of the Citarum River. *Journal of Ecological Engineering*. 21(3): 10 – 17. <https://doi.org/10.12911/22998993/116335>
- Desinawati, D. Adi, W. Utami, E. (2018). Struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Pakil Kabupaten Bangka. *Akuatik Jurnal Sumberdaya Perairan*. 12(2):54–63. <https://doi.org/10.33019/akuatik.v12i2.701>
- Efriningsih R, Puspita L. dan Ramses. (2016). Evaluasi kualitas lingkungan perairan pesisir di sekitar TPA Telaga Punggur Kota Batam berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos. *Jurnal Simbiosis*. 5(1):1–15. DOI:10.33373/sim-bio.v5i1.800
- Fachrul, F.M. (2007). Methodology of Bio-Ecological Sampling, Bumi Aksara, Jakarta.
- Fadilla, R.N. Melani, W.R. dan Apriadi, T. (2021), Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Desa Pengujan Kabupaten Bintan. *Habitus Aqua J*. 2(2):83–94. DOI:10.29244/HAJ.2.1.83
- Firmansyah N, Ihsan Y.N. dan Permatasari L.P. (2016). Dinamika Nutrien dengan Sebaran Makrozoobentos di Laguna Segara Anakan. *J. Perikan. Kelaut*. VII (2):45–50.
- Jhonatan, F. Setyawati, T.R. dan Linda, R. (2016). Keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Rombok, Banangar Kabupaten Landak Kalimantan Barat. *Protobiont*. 5(1): 39-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v5i1.14882>
- Krebs, C. (1989). Experimental Analysis of Distribution and Abundance (3rd ed.), Harper and Row Publisher, New York, NY.
- Lestari, R. dan Rahmanto, T.A. (2019). Macrozoobenthos Diversity as a Bioindicator of Heavy Metal Pollution in Segara Anakan Lagoon, Cilacap District, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 550 (2020) 012015. DOI 10.1088/1755-1315/550/1/012015
- Maida, E. Adhiana. And Zuriani. (2017). Macrozoobentos Diversity Index as a Bioindicator in Krueng Cunda River to Support the Success of the Shrimp Agribusiness at Lhokseumawe City, Aceh. *Emerald Reach Proceedings Series*. Vol 1: 157-163. DOI 10.1108/978-1-78756-793-1-00011
- Nurainah, S.A.N. and Hanafiah, Z. (2022). Community of Macrozoobenthos as bioindicator of water quality in the Ogan River around Baturaja City. *Biovalentia*. 8(2): 185 – 190. DOI:10.24233/biov.8.2.2022.331
- Odum, E. P. (1998). Dasar-dasar Ekologi. Diterjemahkan Oleh T. Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pamuji, A., Muskananfola, M. R. dan A'in, C. 2015. Pengaruh Sedimentasi Terhadap Kelimpahan Makrozoobenthos Di Muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *Jurnal Saintek Perikanan*. 10(2):129-135. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijfst.10.2.129-135>
- Pelealu, G.V.E. Koneri, R. Butarbutar, R.R. (2018). Kelimpahan keanekaragaman Makrozoobentos di sungai air terjun Tunan, Talawan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 18(2): 97 – 102. <https://doi.org/10.35799/jis.18.2.2018.21158>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2022 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VIII.
- Sahindin, A. Zahidah, Herawati, H. Wardianto, Y. Partasasmita, I.R. (2018). Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(3): 1123–1129. DOI: 10.13057/biodiv/d190347
- Sastrawijaya, A. T. (2000). Pencemaran Lingkungan. Edisi Kedua. Rineka Cipta. Jakarta.
- Sundaravarman, K. Varadharajan, D. Babu, A. Saravanakumar, A. Vijayalakshmi, S. and

- Balasubramania, T. (2012). A Study of marine benthic fauna with special reference to the environmental parameters, South East Coastal of India. *Intl J Pharm Biol Arch.* 3(5): 1157-1169.
- Wang, M. Jin, M. Lin, X. Du, L. Cui, Y. Wu, X. Sun, H. Xie, Z. Wang, X. Wang, B. (2021). Advances in the macrozoobenthos biodiversity monitoring and ecosystem assessment using environmental DNA metabarcoding. *Acta Ecologica Sinica.* 14(18): 7440 – 7453. DOI: <https://doi.org/10.5846/stxb202009162411>
- Winarti and Harahap, A. (2021). The Diversity of Makrozoobenthos as Bio-Indicators of Water Quality of the River Kundur District Labuhanbatu. *BIRCI Journal.* 4(1). 1027 – 1033. DOI: <https://doi.org/10.33258/birci.v4i1.1732>