

PENGEMBANGAN BOOKLET MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN BERDASARKAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DI EKOSISTEM MANGROVE PANTAI SOLOP INDRAGIRI HILIR

Dwi Ariani*, Sri Wulandari, Suwondo
Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Riau, Indonesia
*Corresponding author email: dwi.ariani1692@student.unri.ac.id

Article History

Received: 16 June 2025
Revised: 30 October 2025
Published: 7 November 2025

ABSTRACT

This study aims to identify the structure of the macrozoobenthos community in the mangrove ecosystem of Solop Beach, Indragiri Hilir and to determine the validity of a booklet developed from the research results for use in the Environmental Pollution topic of Grade X Senior High School Biology. The research was conducted from February to April 2025 in the mangrove area of Solop Beach, Mandah District, Indragiri Hilir Regency, Riau Province. The identification process and analysis of the macrozoobenthos community structure were carried out at the Biology Education Laboratory, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Riau. The methods used were the survey method and belt transect method, which are employed to analyze specific regional conditions. The parameters in this study were divided into primary parameters, namely biological parameters, and supporting parameters, namely physical-chemical parameters. The results of the study showed that a total of 8 species of macrozoobenthos were found in the Solop Beach mangrove ecosystem. The research findings were then integrated into a booklet learning media and validated by two experts for use in Grade X Senior High School Biology learning.

Keywords: Booklet, Macrozoobenthos, Mangrove Ecosystem, Water Pollution, Solop Beach.

Copyright © 2025, The Author(s).

How to cite: Ariani, D., Wulandari, S., Suwondo (2025). PENGEMBANGAN BOOKLET MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN BERDASARKAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DI EKOSISTEM MANGROVE PANTAI SOLOP INDRAGIRI HILIR. *NUSRA: Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan*, 6(4), 819–825. <https://doi.org/10.55681/nusra.v6i4.3993>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

LATAR BELAKANG

Implementasi Kurikulum Merdeka pada pembelajaran Biologi di Fase E menuntut guru untuk bersikap inovatif dalam mengembangkan media pembelajaran yang tidak hanya sesuai dengan kebutuhan kurikulum, tetapi juga relevan dengan tuntutan abad ke-21. Pembelajaran diharapkan mengintegrasikan nilai-nilai karakter seperti integritas, kerja sama, kreativitas, dan empati, serta memfokuskan pada penguatan literasi, numerasi, dan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, komunikasi, dan kolaborasi (Windayanti *et al.*, 2023).

Salah satu materi yang diajarkan pada Fase E adalah pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air, yang menekankan pada kemampuan peserta didik dalam menganalisis penyebab pencemaran, dampaknya terhadap kehidupan, dan solusi yang dapat diterapkan. Untuk mencapai tujuan pembelajaran tersebut, diperlukan media pembelajaran kontekstual yang mampu mengaitkan konsep dengan fenomena nyata di lingkungan sekitar.

Ekosistem mangrove Pantai Solop di Kabupaten Indragiri Hilir merupakan wilayah yang potensial dijadikan studi kasus dalam pembelajaran pencemaran air. Kawasan ini mengalami pencemaran akibat limbah domestik masyarakat dan sampah dari aktivitas wisata. Salah satu indikator biologis yang dapat digunakan untuk mengkaji kondisi lingkungan perairan adalah makrozoobentos. Struktur komunitas makrozoobentos memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kualitas perairan, sehingga keberadaannya dapat mencerminkan tingkat pencemaran di suatu ekosistem. Selain itu, makrozoobentos juga berperan penting dalam rantai makanan dan

proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan (Payung, 2017).

Namun, hasil observasi dan wawancara dengan guru Biologi di MAN 1 Indragiri Hilir menunjukkan bahwa proses pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan masih menghadapi kendala, terutama dalam penggunaan media pembelajaran yang bervariasi dan kontekstual. Media yang digunakan terbatas pada buku paket, lembar kerja peserta didik (LKPD), dan presentasi, yang cenderung bersifat umum dan kurang menarik bagi siswa. Kurangnya visualisasi dan media berbasis gaya belajar visual turut menyulitkan siswa dalam memahami materi.

Salah satu solusi yang dapat ditawarkan adalah pengembangan media pembelajaran berbentuk *booklet*. *Booklet* merupakan media cetak yang praktis, mudah dibawa, dan menarik karena memuat gambar, warna, dan ilustrasi yang dapat meningkatkan daya tarik siswa terhadap materi (Puspita *et al.*, 2017; Rehusisma *et al.*, 2017). *Booklet* berbasis hasil penelitian lokal, seperti struktur komunitas makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop, tidak hanya mendukung pembelajaran berbasis kearifan lokal tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa secara langsung terhadap isu lingkungan yang nyata.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji struktur komunitas makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir serta mengembangkan dan menguji validitas *booklet* sebagai media pembelajaran Biologi SMA kelas X pada materi pencemaran lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu analisis struktur komunitas makrozoobentos dan pengembangan media pembelajaran berupa booklet. Penelitian dilakukan pada Februari hingga April 2025 di ekosistem mangrove Pantai Solop, Kecamatan Mandah, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau. Identifikasi dan analisis lanjutan dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Pengambilan sampel dilakukan di tiga stasiun yang ditentukan secara purposive sampling berdasarkan tingkat aktivitas manusia: (1) kawasan ekowisata, (2) sekitar permukiman, dan (3) area kontrol tanpa aktivitas manusia. Di setiap stasiun dibuat transek sepanjang 80 meter dengan delapan plot ($10 \times 10 \text{ m}^2$) yang mewakili dua zonasi mangrove: *Avicennia* dan *Rhizophora*. Subplot $2 \times 2 \text{ m}^2$ digunakan sebagai titik pengambilan sampel makrozoobentos dengan tiga kali ulangan.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode survei dan belt transect. Sampel makrozoobentos dikumpulkan dengan ekman grab dan teknik hand collecting, lalu diawetkan dalam formalin 10% untuk dianalisis di laboratorium. Parameter utama yang dianalisis meliputi komposisi jenis, kepadatan, indeks keanekaragaman, kemerataan, dan dominansi. Parameter pendukung meliputi suhu, pH, salinitas, dan kadar organik tanah.

Hasil penelitian dimanfaatkan dalam pengembangan booklet berbasis model ADDIE (Analysis, Design, Development). Tahap analisis mencakup analisis kurikulum dan kebutuhan media pembelajaran. Tahap desain meliputi penyusunan alur tujuan pembelajaran

(ATP), modul ajar, dan tata letak booklet. Tahap pengembangan dilakukan melalui pembuatan booklet dan validasi oleh dua orang ahli (media dan materi) menggunakan instrumen skala Likert. Data hasil validasi dianalisis untuk menentukan tingkat validitas media yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Jenis Makrozoobentos

Komposisi jenis makrozoobentos yang ditemukan pada ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi dan proporsi jenis makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir

No	Kelas	Famili	Spesies	Stasiun			Jumlah (Ind)	Proporsi (%)
				I	II	III		
1	Crustacea	Sesarmidae	<i>Aratus pisonii</i>	0	8	14	22	4,71
2			<i>Cassidula aurisfels</i>	16	19	24	59	12,63
3		Ellobiidae	<i>Ellobium aurisjudae</i>	19	19	9	47	10,06
4			<i>Ellobium aurismitae</i>	0	7	16	23	4,92
5	Gastropoda	Muricidae	<i>Chicoreus capucinus</i>	0	14	24	38	8,14
6		Neritidae	<i>Nerita Articulata</i>	45	0	27	72	15,42
7			<i>Cerithidea obtusa</i>	14	37	39	90	19,27
8		Potamididae	<i>Telescopium telescopium</i>	51	34	31	116	24,84
				Total	145	138	184	467
								100

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1 ditemukan sebanyak 8 jenis makrozoobentos yang tersebar pada 3 stasiun. Pada stasiun I hanya ditemukan 5 jenis, stasiun II sebanyak 7 jenis, dan stasiun III sebanyak 8 jenis. Banyaknya jenis yang ditemukan pada stasiun III disebabkan oleh rona lingkungan dengan kondisi mangrove tergolong masih baik dan jauh dari gangguan aktivitas manusia yang dapat memberikan masukan limbah seperti sampah pengunjung wisata dan limbah domestik masyarakat setempat. Hal ini didukung dengan faktor fisika-kimia lingkungan yang mendukung kehidupan makrozoobentos serta memiliki kadar

organik tanah (KOT) yang lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Kandungan organik pada substrat berperan sebagai sumber nutrisi organisme makrozoobentos.

B. Total Kepadatan Makrozoobentos

Total kepadatan makrozoobentos berbeda pada setiap stasiun pengamatan. Hasil pengukuran total kepadatan makrozoobentos di kawasan ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Total kepadatan makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir

No	Kelas	Spesies	Stasiun		
			I	II	III
1	Crustacea	<i>Aratus pisonii</i>	0	8	14
2		<i>Cassidula aurifelis</i>	16	19	24
3		<i>Cerithidea obtusa</i>	14	37	39
4		<i>Chicoreus capucinus</i>	0	14	24
5	Gastropoda	<i>Ellobium aurisjuda</i>	19	19	9
6		<i>Ellobium aurismidae</i>	0	7	16
7		<i>Nerita Articulata</i>	45	0	27
8		<i>Telescopium telescopium</i>	51	34	31
Total Individu			145	138	184
Kepadatan Total (ind/ha)			45.313	43.125	57.500

Hasil penghitungan total kepadatan makrozoobentos pada ekosistem mangrove Pantai Solop menunjukkan nilai kepadatan tertinggi terdapat pada stasiun III yaitu sebesar 57.500 (ind/ha). Hal ini disebabkan karena faktor fisika-kimia perairan stasiun III lebih baik dibandingkan stasiun I dan II. Menurut Kasmira (2022), kualitas perairan berpengaruh terhadap kepadatan makrozoobentos, semakin baik kualitas perairan maka semakin tinggi nilai kepadatan makrozoobentos pada perairan tersebut.

C. Struktur Komunitas Makrozoobentos

Hasil perhitungan struktur komunitas makrozoobentos pada perairan ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Struktur komunitas makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir

Parameter	Stasiun		
	I	II	III
Indeks Keanekaragaman (H')	1,47	1,79	2,00
Indeks Kemerataan (E)	0,91	0,92	0,96
Indeks Dominansi (C)	0,26	0,19	0,14

Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman (H') makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop pada stasiun I, II, dan III yaitu 1,46-2,00. Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman makrozoobentos di perairan ekosistem mangrove Pantai Solop adalah sedang. Hal ini dikarenakan jumlah jenis yang didapatkan cukup banyak dan jumlah individu setiap jenis merata, sehingga tidak ada jenis yang mendominasi.

Hasil interpretasi indeks keanekaragaman berdasarkan shannon-wiener menunjukkan kualitas perairan ekosistem mangrove Pantai Solop tercemar ringan sampai tercemar sedang. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Marpaung (2014) yang menyatakan, apabila keanekaragaman dikategorikan sedang maka tingkat pencemaran ekosistem berada pada kondisi tercemar ringan sampai tercemar sedang.

Indeks kemerataan (E) makrozoobentos ekosistem mangrove Pantai Solop pada stasiun I, II, dan III berkisar 0,91-0,96 yang termasuk dalam kategori kemerataan tinggi. Hal ini menunjukkan komunitas yang stabil yang mana jumlah individu tiap jenis dapat dikatakan sama atau tidak jauh berbeda.

Makrozoobentos cenderung semakin banyak ditemukan dari arah laut ke darat, berdasarkan tangkapan makrozoobentos pada masing-masing plot. Hal ini dikarenakan Gastropoda umumnya lebih

toleran terhadap fluktuasi salinitas dan kualitas air yang lebih rendah, yang sering ditemukan di zona mangrove bagian darat (lebih dekat ke daratan, bukan ke laut terbuka). Selain itu, hal ini dapat terjadi akibat pengaruh dari pencemaran di ekosistem mangrove Pantai Solop yang tergolong memiliki tingkat pencemaran ringan hingga sedang, sehingga meningkatkan bahan organik (limbah rumah tangga, detritus). Gastropoda memiliki toleransi tinggi terhadap pencemaran dibandingkan kelompok lain seperti Echinodermata atau beberapa jenis Crustacea. Karena itu, jumlah gastropoda meningkat di area yang lebih tercemar (biasanya dekat daratan), menjadikannya indikator pencemaran ringan hingga sedang.

Indeks dominansi (C) makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop pada setiap stasiun mendekati nol artinya makrozoobenthos yang terdapat di kawasan mangrove Pantai Solop tidak ada yang mendominasi berkisar 0,14-0,26. Nilai ini menunjukkan bahwa di ketiga stasiun lokasi penelitian tidak ada dominansi spesies tertentu, semua jenis tersebar merata. Hasil analisis indeksi dominansi yang rendah sesuai dengan indeks kemerataan yang tinggi. Indeks kemerataan yang mendekati angka 1 dan indeks dominansi yang mendekati 0 menunjukkan bahwa kondisi habitat di lokasi pengamatan relatif stabil.

D. Faktor Fisika-Kimia Perairan

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia di perairan ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter fisika-kimia di perairan ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir

Parameter	Stasiun			Baku Mutu Normal*
	I	II	III	
Suhu (°C)	32,2	30,2	29,1	28-32
pH	6,9	7,2	7,1	7-8,5
Salinitas (%)	29,2	26,6	24,3	s/d 34
Kadar Organik Tanah (%)	5,75	7,65	9,54	-

*Baku mutu berdasarkan PP RI No.22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup baku mutu air laut.

Faktor fisika-kimia perairan di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir meliputi suhu, pH, salinitas, dan kadar organik tanah (KOT), yang seluruhnya masih berada dalam kisaran toleransi kehidupan makrozoobentos. Suhu perairan berkisar antara 29,1°C–32,2°C, di mana stasiun III memiliki suhu terendah akibat kerapatan vegetasi mangrove yang tinggi, sedangkan stasiun I memiliki suhu tertinggi karena intensitas cahaya lebih besar. Nilai pH berkisar antara 6,9–7,2 yang meskipun masih dalam kisaran produktif, menunjukkan adanya indikasi pencemaran di stasiun I akibat pembuangan sampah wisatawan yang menyebabkan pH sedikit menurun.

Salinitas tercatat antara 24,3%–29,2% dan masih dalam kisaran normal (15–35%) untuk mendukung kehidupan makrozoobentos, dipengaruhi oleh pasang surut laut. Kadar organik tanah rata-rata sebesar 7,64%, tertinggi di stasiun III (9,54%) dan terendah di stasiun I (5,75%), mencerminkan hubungan erat antara kerapatan vegetasi mangrove dengan akumulasi bahan organik yang menjadi sumber nutrisi penting bagi makrozoobentos.

E. Hasil Rancangan *Booklet*

1. Tahap Analisis (*Analysis*)

a) Analisis Kurikulum

Berdasarkan hasil analisis terhadap kurikulum merdeka fase E untuk kelas X, terdapat topik atau kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian berupa capaian pembelajaran (CP) dan tujuan pembelajaran (TP) dalam pembelajaran biologi fase E.

b) Analisis Media Pembelajaran

Analisis media pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi di MAN 1 Indragiri Hilir yaitu dibutuhkan media pembelajaran berbentuk *booklet*, mengingat guru belum memiliki atau belum melakukan pengembangan substansi materi pencemaran lingkungan yang terintegrasi dengan pengetahuan lokal.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Booklet yang dibuat sebagai media pembelajaran memuat hasil penelitian dan disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Format *booklet* yang disusun mengacu pada pedoman dari Kemendikbudristek yang akan digunakan dalam kegiatan pembelajaran sebagai berikut:

- Cover* (judul, pokok bahasan dan penulis)
- Kata pengantar
- Daftar isi
- Petunjuk penggunaan
- Tingkatan kurikulum
- Pendahuluan (Penjelasan secara umum mengenai pencemaran di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir)
- Uraian materi
- Daftar Pustaka

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Setelah dilakukan pengembangan media pembelajaran *booklet* maka tahap

selanjutnya adalah melakukan validasi produk yang telah dikembangkan. Media pembelajaran *booklet* divalidasi oleh 2 orang validator dengan hasil tabulasi pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil tabulasi validasi perhitungan media pembelajaran *booklet*

Aspek	Kriteria	Validator		Σ Skor	Skor Rata-Rata Per Aspek	Kriteria
		I	II			
Struktur Materi	1	3	4	49	3,5	Sangat Valid
	2	3	4			
	3	3	4			
	4	3	4			
	5	3	4			
	6	3	4			
	7	3	4			
	8	4	4			
Bahasa	9	4	3	36	3,6	Sangat Valid
	10	3	4			
	11	3	4			
	12	3	4			
	13	4	4			
	14	3	4			
	15	4	4			
	16	4	4			
Format dan Kegrafisan	17	3	4	84	3,8	Sangat Valid
	18	4	4			
	19	3	4			
	20	3	4			
	21	4	4			
	22	4	4			
	23	4	4			
	Jumlah	78	91	169	10,9	Sangat Valid
		3,39	3,95	3,67	3,63	

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan hasil tabulasi validasi pengembangan media pembelajaran *booklet* pada aspek struktur materi, bahasa, format dan kegrafisan pada materi pencemaran lingkungan sebesar 3,63 yang termasuk ke dalam kategori sangat valid, hal ini menunjukkan bahwa *booklet* yang dirancang sudah sesuai dengan kriteria media pembelajaran yang baik. Menurut Andi Prastowo (2018:27), kriteria *booklet* yang valid memiliki beberapa faktor seperti praktis, sederhana, mudah diperoleh dan komponen-komponen yang sesuai dengan tujuan pembelajaran.

KESIMPULAN

Hasil analisis struktur komunitas makrozoobentos di ekosistem mangrove Pantai Solop Indragiri Hilir menunjukkan terdapat 8 jenis dari dua kelas, yaitu Gastropoda dan Crustacea, dengan nilai indeks keanekaragaman 1,47–2,00 yang

mengindikasikan perairan tergolong tercemar ringan hingga sedang. Indeks kemerataan yang tinggi dan dominansi yang rendah menunjukkan ekosistem dalam kondisi stabil. *Booklet* yang dikembangkan dari hasil penelitian ini memperoleh nilai validasi rata-rata 3,63 dan masuk dalam kategori sangat valid, sehingga layak digunakan sebagai suplemen atau pengayaan materi dalam pembelajaran Biologi SMA kelas X pada materi pencemaran lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Prastowo. (2018). Sumber Belajar dan Pusat Sumber Belajar. Depok: Prenadamedia Group.
- Kasmira, Febriyanti. 2022. Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Pantai Desa Tanah Merah Indragiri Hilir. Skripsi, Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Riau.
- Marpaung, A. A. F. (2014). Keanekaragaman Makrozoobentos

di Ekosistem Mangrove Silvofishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar. Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Hasanuddin.

Prenadamedia Group. Payung, W. R. (2017). Keanekaragaman Makrozoobentos (Epifauna) Pada Ekosistem Mangrove Di Sempadan Sungai Tallo Kota Makassar. *Skripsi Weindri Rianto Payung, Hal, 4.*

Puspita, A., Kurniawan, A. D., & Rahayu, H. M. (2017). Pengembangan media pembelajaran booklet pada materi sistem imun terhadap hasil belajar siswa kelas XI SMAN 8 Pontianak. *Jurnal Bioeducation, 4(1), 64-73.*

Windayanti, W., Afnanda, M., Agustina, R., Kase, E. B., Safar, M., & Mokodenseho, S. (2023). Problematika guru dalam menerapkan kurikulum merdeka. *Journal on Education, 6(1), 2056-2063.*