

VALIDITAS E-HANDOUT ALGA MIKROSKOPIS PADA TAMBAK IKAN AIR PAYAU, DESA MUARA KINTAP

Kania Nabilah Putri ¹, Aulia Ajizah²

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Lambung Mangkurat

kanianabilahh@gmail.com

ABSTRACT

Microscopic algae play an important role as indicators of aquatic ecosystem health; however, their instruction in classrooms often faces challenges due to their minute size and abstract nature, making them difficult for students to comprehend. This study is a research and development (R&D) project using the ADDIE model, focusing on the development stage. It aims to describe the diversity of microscopic algae found in brackish water ponds in Muara Kintap Village and to evaluate the validity and readability of the developed e-handout. A descriptive method was used, involving two content experts, one media expert, and twelve students for the readability test. The results revealed 21 species of microscopic algae classified into three classes. The developed e-handout received an average score of 4.08 (very valid) in content validation, 4.85 (very valid) in media validation, and 4.33 (very good) in the readability test. These findings indicate that the e-handout is suitable as supplementary teaching material in biology learning, especially in the Cryptogamae course covering microscopic algae.

Keywords: *Microscopic Algae, E-Handout, Brackish Water Pond, Validity, Cryptogamae.*

ABSTRAK

Alga mikroskopis berperan penting sebagai indikator kesehatan perairan, namun pengajarannya sering mengalami kendala karena ukurannya yang sangat kecil dan sulit diamati langsung. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (R&D) menggunakan model ADDIE yang difokuskan pada tahap pengembangan. Tujuannya adalah untuk mendeskripsikan keragaman alga mikroskopis pada tambak air payau di Desa Muara Kintap serta mengevaluasi validitas dan keterbacaan e-handout yang dikembangkan. Metode yang digunakan adalah deskriptif, dengan subjek terdiri atas dua validator materi, satu validator media, dan dua belas mahasiswa untuk uji keterbacaan. Hasil penelitian menemukan 21 spesies alga mikroskopis yang tergolong dalam tiga kelas. Produk e-handout memperoleh skor rata-rata 4,08 dari validasi materi (kategori sangat valid), 4,85 dari validasi media (sangat valid), dan 4,33 dari uji keterbacaan (sangat baik). Berdasarkan temuan ini, e-handout dinyatakan layak sebagai bahan ajar

pendukung dalam pembelajaran biologi, khususnya pada mata kuliah *Cryptogamae* terkait materi alga mikroskopis.

Kata Kunci: Alga Mikroskopis, *E-Handout*, Tambak Air Payau, Validitas, *Cryptogamae*

A. Pendahuluan

Alga mikroskopis merupakan komponen penting dalam ekosistem perairan, termasuk tambak ikan air payau. Alga berkontribusi pada produktivitas tambak dan keseimbangan ekologi. Kualitas perairan dan keanekaragaman menjadi 3 faktor penting untuk keberlanjutan suatu ekosistem. Mikroalga, sebagai organisme yang sangat umum dan mudah ditemukan badan perairan akan terkena dampak perubahan kondisi perairan secara langsung. Rusaknya kualitas air sebagai akibat polutan akan berdampak pada pertumbuhan, keanekaragaman dan bentuk dominansi mikroalga (Wijnana *et al.*, 2023). Namun, perubahan lingkungan dan pencemaran air memengaruhi keanekaragaman dan kelimpahan mikroalga.

Mikroalga sebagai organisme dengan ukuran mikroskopis, mikroalga menyebar dan dapat ditemukan di banyak lingkungan yang terpapar cahaya matahari, morfologi

dan karakteristik yang dimiliki mikroalga sangat beragam (Agustiyar, 2021). Kelimpahan mikroalga pada suatu perairan dapat dijadikan patokan tingkat kesuburan suatu perairan. Tingginya keberadaan spesies tertentu dapat menjadi indikator perairan yang bersih atau tercemar (Dayana *et al.*, 2022). Keragaman mikroalga pada suatu wilayah perairan dapat dijadikan sumber belajar untuk menunjang pembelajaran biologi pada materi mikroalga atau alga mikroskopis dalam bentuk bahan ajar. Bahan ajar atau media ajar merupakan bahan atau materi ajar yang disusun secara lengkap dan sistematis sesuai dengan kaidah belajar yang digunakan oleh guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran.

Materi yang sistematis dan disusun sedemikian rupa sehingga memudahkan siswa untuk mempelajarinya. Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar yang menarik seperti *handout*, *flipbook*, modul, buku saku, dan *e-booklet*. Hal ini terutama

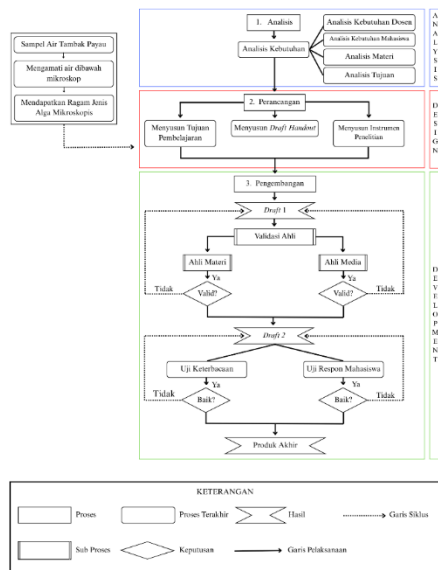
penting dalam mata kuliah Cryptogamae, di mana bahan ajar yang tepat dapat mendukung proses pembelajaran dan memudahkan pendidik serta peserta didik dalam memahami konsep-konsep alga mikroskopis. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-handout interaktif tentang keragaman alga mikroskopis pada tambak air payau untuk mendukung pembelajaran mata kuliah Cryptogamae. E-handout ini memuat data mikroalga lokal, divalidasi oleh ahli, dan menjawab kebutuhan bahan ajar menarik dan kaya visual untuk meningkatkan motivasi belajar dan pemahaman konseptual mahasiswa.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan penelitian dan pengembangan atau yang dikenal dengan *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan metode deskriptif untuk mengamati keragaman alga mikroskopis di lingkungan tambak air payau, Desa Muara Kintap. Pendekatan deskriptif dilakukan melalui studi lapangan secara langsung mengenai keragaman alga mikroskopis yang terdapat di perairan tambak air payau, Desa Muara Kintap.

Lokasi penelitian dilakukan ke tambak air payau, Desa Muara Kintap sebagai tempat pengambilan sampel air untuk mengamati alga mikroskopis. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode sampel acak sederhana atau *purposive sampling*. Proyek penelitian dan pengembangan ini akan dilaksanakan selama enam bulan, mulai dari Januari hingga Juni 2025, dimulai dari persiapan (observasi awal dan uji pendahuluan) hingga tahap *development* (pengembangan).

Sampel penelitian ini terdiri dari dua ahli materi, satu ahli media, dan dua belas mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi yang telah menempuh mata kuliah Cryptogamae. Populasi penelitian mencakup seluruh mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP ULM yang telah mengambil mata kuliah Cryptogamae. Sampel dipilih secara *purposive sampling* dengan kriteria mahasiswa yang telah mempelajari materi alga mikroskopis, agar dapat memberikan masukan yang relevan terhadap produk e-handout yang dikembangkan.



Gambar 1 Alur penelitian pengembangan dengan metode ADDIE

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan keragaman alga mikroskopis di tambak air payau Muara Kintap serta mengevaluasi validitas *e-handout* yang dikembangkan, sehingga metode yang digunakan meliputi observasi dan kuesioner (angket). Analisis data dilakukan untuk mendeskripsikan kelayakan pengembangan produk *e-handout* digital berjudul “Pengembangan *E-Handout* Alga Mikroskopis Berdasarkan Ragam Jenis Alga Pada Tambak Air Payau,” yang mencakup validasi materi, validasi media, keterbacaan, serta tanggapan mahasiswa, dengan rubrik

penilaian menggunakan skala Likert dengan rentang skor 1 hingga 5.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kontrol berdistribusi normal. Pengujian menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan bantuan SPSS 27 karena jumlah sampel < 50 . Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi $> 0,05$, sedangkan nilai signifikansi $< 0,05$ menunjukkan data tidak berdistribusi normal.

Hasil Penelitian

Keragaman Alga Mikroskopis

Keragaman alga mikroskopis yang ditemukan pada tambak air payau di Desa Muara Kintap terdiri atas 23 spesies yang teridentifikasi ke dalam tiga kelas utama, yaitu Cyanophyta, Chlorophyta, dan Bacillariophyta. Rincian jenis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Jenis Alga Mikroskopis Pada Tambak Air Payau

Kelas	Familia	Genus	Spesies
Cyanophyta	Oscillatoria	Oscillatoria	<i>Oscillatoria</i> sp

Kelas	Familia	Genus	Spesies
	Merismopediaceae	Merismopedia	<i>Merismopedia</i> sp
	Chroococcaceae	Gleocapsa	<i>Gleocapsa</i> sp
	Euglenaceae	Euglena	<i>Euglena</i> sp
	Ulotrichaceae	Ulothrix	<i>Ulothrix</i> sp
Chlorophyta		Geminella	<i>Geminella</i> sp
	Microspora	Microspora	<i>Microspora</i> sp
	Oedogoniaceae	Oedogonium	<i>Oedogonium</i> sp
	Closteriaceae	Closterium	<i>Closterium</i> sp
Bacillariophyta	Coelastraceae	Coelastrum	<i>Coelastrum</i> sp
		Bacillaria	<i>Bacillaria</i> sp
		Nitzschia	<i>Nitzschia</i> sp 1
		Nitzschia	<i>Nitzschia</i> sp 2
		Nitzschia	<i>Nitzschia</i> sp 3
	Cymbellaceae	Cymbella	<i>Cymbella</i> sp
	Hemiaulaceae	Hemiaulus	<i>Hemiaulus</i> sp
	Pinnulariaceae	Pinnularia	<i>Pinnularia</i> sp
	Naviculaceae	Navicula	<i>Navicula</i> sp

Kelas	Familia	Genus	Spesies
		Gyrosigma	<i>Gyrosigma</i> sp
	Pleurosigmamataceae	Pleurosigma	<i>Pleurosigma</i> sp
		Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i> sp
	Diploneidaceae	Diploneis	<i>Diploneis</i> sp
	Surirellaceae	Surirella	<i>Surirella</i> sp

Sebaran spesies di empat titik pengamatan disajikan pada Tabel 2. Spesies dominan ditemukan pada keempat titik ialah *Nitzschia* sp 1–3 dan *Pleurosigma* sp yang berasal dari kelas Bacillariophyta, menunjukkan dominasi di tambak air payau yang kaya diatom.

Tabel 2 Keragaman Alga Mikroskopis

No	Spesies	Titik			
		1	2	3	4
1	<i>Oscillatoria</i> sp	-	-	✓	-
2	<i>Merismopedia</i> sp	-	✓	-	-
3	<i>Gleocapsa</i> sp	-	-	-	✓
4	<i>Euglena</i> sp	✓	✓	✓	-
5	<i>Ulothrix</i> sp	-	✓	✓	-
6	<i>Geminella</i> sp	✓	✓	-	-
7	<i>Microspora</i> sp	✓	✓	-	-
8	<i>Oedogonium</i> sp	-	-	-	✓

9	<i>Closterium</i> sp	✓	-	-	✓
10	<i>Coelastrum</i> sp	-	✓	-	✓
11	<i>Bacillaria</i> sp	-	✓	✓	✓
12	<i>Nitzschia</i> sp 1	✓	✓	✓	✓
13	<i>Nitzschia</i> sp 2	✓	✓	✓	✓
14	<i>Nitzschia</i> sp 3	✓	✓	✓	✓
15	<i>Cymbella</i> sp	✓	-	-	-
16	<i>Hemiaulus</i> sp	-	-	✓	-
17	<i>Pinnularia</i> sp	-	✓	✓	-
18	<i>Navicula</i> sp	✓	-	✓	-
18	<i>Gyrosigma</i> sp	✓	-	✓	✓
20	<i>Pleurosigma</i> sp	✓	✓	✓	✓
21	<i>Chaetoceros</i> sp	-	✓	-	-
22	<i>Diploneis</i> sp	-	✓	-	-
23	<i>Surirella</i> sp	-	-	✓	-

Berdasarkan pola sebaran, titik 2 memiliki keragaman tertinggi dengan 14 spesies, sedangkan titik 4 terendah dengan 10 spesies. Hal ini menunjukkan variasi kondisi lingkungan yang memengaruhi distribusi alga. Pengamatan parameter lingkungan mendukung temuan tersebut. Rentang suhu, pH, DO, TDS, salinitas, dan kecerahan air ditunjukkan pada Tabel 3, dengan semua parameter masih sesuai kisaran literatur. Faktor abiotik yang stabil mendukung keberlangsungan hidup berbagai jenis mikroalga.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan

Parameter	Unit	Suhu	Titik				Kisaran	Literatur
			1	2	3	4		
DO	Kad m	2	2	2	2	2	2.05	2-4,
Met	ar g/L	0	0	0	0	0	-	4
er	gen terl	6	6	5	6	6	2.06	(1)
Ter	Suh	°	3	3	3	3	30	28
mo	u air	C	0	0	1	1	-	-
met							, 31	35
er							5.5	(2)
pH	Asa	-	7	7	7	7	7.	6,
Met	m		.	.	.	.	47	5-
er	Bas		4	7	5	7	-	8,
	a		7	5	4	2	7.	5
	per						75	(3)
	aira							
	n							
TDS	Sen	P	2	1	1	2	19	19
	yaw	P	1	9	9	1	.0-	-
	a	M	.	.	.	.	21	22
	org		5	7	0	5	.5	(4)
	anik							
	terl							
	arut							
Refr	Sali	‰	2	2	2	2	20	6,
akto	nita		0	2	2	5	-	5-
met	s air						25	9
er								(5)

Sec	Kec	c	5	6	4	4	42	25
chi	era	m	0	5	6	2	-	-
Disk	han		.	.	.		65	22
	air		1	3	8		.3	0
(6)								

Keterangan:

- (1)Wijnana *et al.* (2023)
- (2)Fithratullah *et al.* (2023)
- (3)Dara (2024)
- (4)Silviani *et al.* (2022)
- (5)Borowitzka & Moheimani (2013)
- (6)Arsad *et al.* (2019)

Stabilnya kondisi lingkungan mendukung dominasi spesies Bacillariophyta, yang cenderung tumbuh optimal pada perairan dengan salinitas dan kecerahan sedang.

Proses Pengembangan E-Handout

Pengembangan e-handout dilakukan melalui tiga tahap: analisis, desain, dan pengembangan. Analisis kebutuhan dosen dan mahasiswa menegaskan pentingnya e-handout untuk mendukung materi alga mikroskopis yang sulit diamati di kelas.

Desain e-handout dirancang menggunakan Canva, didistribusikan melalui Heyzine Flipbook (online) dan PDF (offline). Produk dapat diakses di <https://bit.ly/HandoutElektronikRagamJenisAlgaMikroskopis>. Validasi materi dan media menunjukkan skor rata-

rata di atas 4, memenuhi kriteria sangat valid (Tabel 4 dan Tabel 5). Uji keterbacaan mahasiswa juga menunjukkan kategori sangat baik (Tabel 6).

Tabel 4 Rekapitulasi Validasi Materi E-Handout

Validator	Skor	Rata-	
		Rata	Kesimpulan
V1	4.00	4.08	Sangat Valid
V2	4.16		

Tabel 5 Rekapitulasi Validasi Media E-Handout

Aspek	Skor	Kesimpulan
Total	4.85	Sangat Valid

Tabel 6. Rekapitulasi Keterbacaan E-Handout

Aspek	Skor	Kesimpulan
Total	4.33	Sangat Baik

Perbaikan dilakukan sesuai saran validasi, termasuk penyesuaian materi, perbaikan ejaan ilmiah, pembesaran gambar, dan penyebaran akses lebih luas. Dengan demikian, e-handout dinilai layak sebagai bahan ajar pendukung yang kontekstual dan interaktif.

Pembahasan

Penelitian ini mengidentifikasi 21 spesies alga mikroskopis dari tiga kelas utama (*Cyanophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*) yang ditemukan di tambak air payau Desa Muara Kintap. Data diperoleh melalui pengamatan morfologi di laboratorium, didukung dokumentasi visual (tabel, gambar). Hasilnya menyoroti dominasi *Bacillariophyceae* dengan 14 spesies, menunjukkan tingginya keanekaragaman di habitat payau.

Penjelasan morfologi setiap spesies dikaitkan dengan kondisi lingkungan setempat. Hasil pengukuran suhu (30–31,5 °C), pH (7,74–7,75), kecerahan air, oksigen terlarut, dan kadar organik mendukung keberlangsungan spesies tersebut. Parameter fisik-kimia ini sesuai dengan literatur (Fithratullah et al., 2023; Anggraini, 2017) yang menyebutkan rentang optimal pertumbuhan mikroalga 16–35 °C dan pH netral hingga basa.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, keanekaragaman spesies yang teridentifikasi sebagian besar sejalan

dengan temuan Amintarti et al. (2020), Bellinger & Sigee (2010), serta studi global seperti Korlyakov et al. (2023) dan Paul et al. (2025). Spesies *Oscillatoria* sp. misalnya, ditemukan mendominasi perairan eutrofik serupa di berbagai ekosistem estuari di dunia. Kesesuaian ini menunjukkan validitas metode identifikasi dan relevansi kondisi lingkungan setempat. Namun demikian, perbedaan ada pada nilai oksigen terlarut yang rendah (< 3 mg/L), di bawah standar ideal (Rahayu et al., 2021), yang menandakan potensi stres ekologis bagi biota tertentu.

Analisis lebih lanjut memperlihatkan bahwa penemuan jenis seperti *Navicula* sp. dan *Merismopedia* sp. menandakan kontribusi polutan organik, mendukung hasil studi sejenis (Sharma, 2015; Jakubowska & Szelag, 2015). Hal ini mengindikasikan potensi eutrofikasi akibat aktivitas antropogenik di sekitar tambak.

Hasil ini memiliki dampak ilmiah signifikan. Pertama, mendukung literatur keanekaragaman mikroalga air payau tropis yang masih terbatas, terutama di Indonesia.

Kedua, hasil ini digunakan untuk mengembangkan media ajar digital (e-handout) berbasis hasil penelitian nyata. Pengembangan e-handout diverifikasi melalui validasi ahli dan uji keterbacaan mahasiswa, menunjukkan validitas tinggi (Purwanto, 2006; Widiyoko, 2017). Hal ini selaras dengan tuntutan pendidikan biologi masa kini untuk memanfaatkan sumber belajar inovatif berbasis konteks lokal (Nasrullah & Rahman, 2023).

Dengan demikian, pembelajaran materi Cryptogamae menjadi lebih kontekstual, meningkatkan literasi biologi perairan, serta mendukung pembelajaran berbasis riset (research-based learning) di lingkungan pendidikan tinggi.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa keragaman alga mikroskopis di tambak air payau Desa Muara Kintap teridentifikasi sebanyak 21 spesies yang termasuk ke dalam tiga kelas utama, yaitu Cyanophyceae, Bacillariophyceae, dan Chlorophyceae. Temuan ini

menunjukkan kekayaan keanekaragaman mikroalga di perairan lentik dan mendukung literatur tentang biota air payau tropis.

Pengembangan e-handout keragaman alga mikroskopis yang dilakukan melalui tahap validasi materi, validasi media, dan uji keterbacaan mahasiswa telah menunjukkan hasil sangat valid (rata-rata skor validasi materi 4,08 dan media 4,85) serta sangat baik (keterbacaan 4,33). Hal ini membuktikan bahwa produk yang dihasilkan layak digunakan sebagai bahan ajar penunjang pembelajaran biologi, khususnya pada topik *Cryptogamae*.

Hasil ini memberikan dampak ilmiah yang signifikan bagi dunia pendidikan biologi, yaitu mendukung upaya penerapan pembelajaran berbasis riset dan kontekstual, sekaligus menyediakan media ajar inovatif yang memadukan literatur lokal dan teknologi digital. Penggunaan e-handout dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep mikroalga yang selama ini sulit diamati, serta mendorong

keterampilan literasi sains di era digital.

Sebagai tindak lanjut, penelitian tentang keragaman alga mikroskopis masih dapat diperluas pada habitat tambak air payau di wilayah lain dengan cakupan parameter ekologi yang lebih mendalam. Produk handout digital yang dikembangkan juga disarankan untuk dilanjutkan hingga tahap implementasi di kelas dan evaluasi dampak pembelajaran, serta diupayakan memiliki akses offline agar bermanfaat lebih luas, terutama pada wilayah dengan keterbatasan jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, G. S., Ajizah, A., & Amintarti, S. (2022). Pteridophyta di Sekitar Danau Sari Embun Kabupaten Tanah Laut dan Pengembangan Buku Saku. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 1(3), 230-240.
- Afrianti, S. (2020). Dampak kerusakan sumber daya alam akibat penambangan batubara di nagari lunang, kecamatan lunang silaut, kabupaten pesisir selatan, provinsi sumatera barat. *Agroprimatech*, 3(2), 55-66.
- Agustiar, F. (2021). Mikroalga: Bioenergi dan Lingkungan Berkelanjutan. In *Proceeding Technology of Renewable Energy and Development Conference* (Vol. 1).
- Aisy, R. (2024). *Keanekaragaman Mikroalga di Tambak Balai Basar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Kabupaten Jepara*. Diakses melalui <https://www.researchgate.net> pada tanggal 30 Januari 2024.
- Akbar, Shohifa Aulia. (2020). *Modul Keanekaragaman Mikroalga: Untuk Siswa Kelas X SMA*. Universitas Negeri Jakarta
- Amintarti, S., Ajizah, A., & Utami, N. H. (2019). Pengembangan media gambar alga mikroskopis sebagai penunjang mata kuliah botani tumbuhan rendah. *Wahana-Bio: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 11(1), 10-20.
- Amintarti, S., Utami, N. H., & Ajizah, A. (2020). The various type of microalgae in lentic habitats. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1422, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
- Anwariani, D. (2019). Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai.
- Ariede, M. B., T. M. Candido, A. L. M. Jacome, M. V. R. Velasco, J. C. M. de Carvalho and A. R. Baby. 2017. Cosmetic attributes of algae. *Algal Research*. 25: 483-487.
- Arifuddin, A., Sutrio, S., & Taufik, M. (2022). Pengembangan bahan ajar kontekstual berbasis hands on activity dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2c), 894-900.
- Arsad, S., Aprilianita, L., Herawati, E. Y., Musa, M., Hertika, A. M. S., Putra, R. B. D. S., ... & Siswanto, D. P.

- (2021). *Distribusi Mikroalga di Perairan Indonesia*. Universitas Brawijaya Press.
- Arsyad, A. (1997). *Media Pengajaran*. Jakarta: Penerbit PT. RajaGrafindo Persada.
- Arwanda, P., Irianto, S., & Andriani, A. (2020). Pengembangan media pembelajaran articulate storyline kurikulum 2013 berbasis kompetensi peserta didik abad 21 tema 7 kelas IV sekolah dasar. *Al-Madrasah: Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 4(2), 193-204.
- Asiyani, Y. (2019). *Pengembangan Handout Berbasis Elektronik Menggunakan Teknik Mnemonik Akrostik Pada Materi Keanekaragaman Hayati Untuk Peserta Didik Kelas X Di SMA/MA* (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Asmayanti, A., Cahyani, I., & Idris, N. S. (2020). Model addie untuk pengembangan bahan ajar menulis teks eksplanasi berbasis pengalaman. In *Seminar Internasional Riksa Bahasa* (pp. 259-267).
- Azzahra, N., A. Amri dan S. P. Utami. 2015. Hidrolisis Mikroalga Tetraselmis Chuii Menjadi Glukosa Menggunakan Enzim Selulase. *Jom Fteknik*. 2(1):1-4.
- Baweja, P. dan Sahoo, D. (2015). *Classification of Algae*. Dordrecht: Springer
- Bedoux, A., K. Hardouin, A. S. Burlot and N. Bourgougnon. 2014. Bioactive components from seaweeds: Cosmetic applications and future development. *Advances in Botanical Research*. 71: 345-378.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1984). Educational research: An introduction. *British Journal of Educational Studies*, 32(3).
- Borowitzka, M. A., & Moheimani, N. R. (Eds.). (2013). *Algae for biofuels and energy* (Vol. 5, pp. 133-152). Dordrecht: Springer.
- Bouazzara, H., Benaceur, F., Chaibi, R., Boussebci, I., & Bruno, L. (2020). Combined effect of temperature, pH and salinity variation on the growth rate of *Gloeocapsa* sp. in batch culture method using Aiba and Ogawa medium. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14(2).
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design : The ADDIE Approach*. Sringer.
- Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan bahan ajar berbasis ADDIE model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1), 35-42.
- Damayanti, A. N., & Raharjo, R. (2020). Validitas flipbook interaktif pada materi sistem pernapasan manusia untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 9(3), 443-450.
- Dayana, M. E., Singkam, A. R., & Jumiarni, D. (2022). Keanekaragaman Mikroalga sebagai Bioindikator di Perairan Sungai. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 77-84.
- Dharmono, D., Utami, N. H., & Sari, M. M. (2022). Kepraktisan Buku Ilmiah Populer Botani Tumbuhan Rawa Dalam Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Wahana-Bio: Jurnal Biologi dan*

- Pembelajarannya*, 14(2), 149-158.
- Efrain, R., Manggopa, H. K., & Liando, O. E. S. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android Mata Pelajaran Ipa Sekolah Mengengah Pertama. *Edutik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 1(4), 335-341.
- Fahlevi, M. (2021). Keragaman udang di wilayah sungai pasang surut. *BIOMA: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 3(2), 1-12.
- Fajriyah, I. N. M. Pengembangan E-Handout Berbasis Soal Higher Order Thinking Skills (Hots) Pada Materi Sel. *Skripsi*.
- Fithratullah, R., Juwiyatri, E., & Pribadi, A. (2023). Identifikasi Jenis Plankton Sebagai Bioindikator Perairan di Danau Seran Kecamatan Landasan Ulin, Kalimantan Selatan. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 9(4), 945-953.
- Graham, L. E., Wilcox, L. W., & Knack, J. J. (2015). Why we need more algal metagenomes1. *Journal of Phycology*, 51(6), 1029-1036.
- Haddad, Sakinah Hussain. (2020). Algae: Potential biotechnological source in the Arabian Gulf. *Academic Journal*, Vol. 19, No. 4. <https://doi.org/10.5897/AJB2019.17030>.
- Hanurandi, A. P., Haryati, M., & Soeprbowati, T. R. (2022). Struktur Komunitas Plankton di Waduk Jatibarang Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 796-805.
- Harlis, H., & Budiarti, R. S. (2019). Pengembangan Buku Ajar Alga pada Mata Kuliah Taksonomi Monera dan Protista Bagi Mahasiswa Pendidikan Biologi: Development of Algae Textbooks in Monera and Protista Taxonomy Subjects for Biology Education Students. *BIODIK*, 5(3), 215- 224.
- Harmoko, H., Lokaria, E., & Anggraini, R. (2019). Keanekaragaman Mikroalga di Air Terjun Sando, Kota Lubuklinggau, Sumatra Selatan. *Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia*, 26(2).
- Hempel, F. and U. G. Maier. 2012. An engineered diatom acting like a plasma cell secreting human IgG antibodies with high efficiency. *Microbial Cell Factories*. 11: 126-132.
- Hermawan, S., Harjanti, D., Soedharta, M., Vincent, R., Adiguna, B., Alexander, S., & Sugiarto, H. N. (2023). Dampak Service Learning Pemurnian Air Payau Dengan Pemanfaatan Material Lokal Yang Berkelanjutan. *Share: Journal of Service Learning*, 9(1), 14-23.
- Hertika, A. M. S., Arsad, S., & Putra, R. B. D. S. (2021). *Ilmu tentang Plankton dan Peranannya di Lingkungan Perairan*. Universitas Brawijaya Press.
- Irianti, R., & Mahrudin, M. (2021). Validity Analysis of Popular Scientific Books Fish Type Diversity as Environmental Material tor Vertebrate Zoology Course. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 3(2), 126-130.
- Irianti, R., Amintarti, S., & Utami, N. H. (2023). Student learning outcomes through technology-

- based online learning in the Biology Education Study Program. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 5(1), 35-41.
- Jakubowska, N., & Szeląg-Wasielewska, E. (2015). Toxic picoplanktonic cyanobacteria. *Marine drugs*, 13(3), 1497-1518.
- Jumadi, O. (2022). *Biologi Alga*. Makassar: Universitas Negeri Makasar.
- Korlyakov, K. A., Kostyuk, K. S., & Mukhlynina, M. S. (2023). Acclimatization of the oscillatoria (*Oscillatoria agardhii*) in alkaline lakes of various mineralization. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 411, p. 02031). EDP Sciences.
- Kosasih, E. (2021). *Pengembangan Bahan Ajar*. Bumi Aksara.
- Latifa, U. N. (2021). Pengembangan Modul Biologi Berbasis Penelitian Fitoplankton Di Waduk Mulur Sukoharjo. *Journal Of Biology Learning*, 3(1), 1-8.
- Lee, R. E. (2018). *Phycology*. Cambridge university press.
- Magdalena, I., Prabandani, R. O., Rini, E. S., Fitriani, M. A., & Putri, A. A. (2020). Analisis pengembangan bahan ajar. *Nusantara*, 2(2), 180-187.
- Mahardika, A. I., Wiranda, N., & Pramita, M. (2021). Pembuatan media pembelajaran menarik menggunakan canva untuk optimalisasi pembelajaran daring. *Jurnal Masyarakat*, 4(3), 275-281.
- Mansyah, Y. P., Mardhia, D., & Ahdiansyah, Y. (2020). Identifikasi Jenis Fioplankton di Tambak Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*) LSO AV3 Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 1(1), 20-28.
- Masithah, E. D. (2023). *Buku Ajar Planktonologi*. Airlangga University Press.
- Maysaroh, S. (2022). *Telaah Kualitas Air Di Perairan Menggenang Berdasarkan Komunitas Mikroalga*.
- Mukarromah, A., & Andriana, M. (2022). Peranan Guru dalam Mengembangkan Media Pembelajaran. *Journal of Science and Education Research*, 1(1), 43-50.
- Munawarah, M., Ajizah, A., & Amintarti, S. (2023). Pengembangan Handout Keragaman Koloni Bakteri pada Rizosfer Pohon Kelapa Sawit di Lingkungan Lahan Basah. *Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 8(2), 96-105.
- Muriuki, B. G., Omondi, O. S., Waithaka, P. N., & George, O. O. (2020). *Nutrient removal efficiency of Spirogyra sp. and Oedogonium sp. in wastewater from Egerton University, Kenya*.
- Nainggolan, A. A. (2022). Identifikasi dan Isolasi Mikroalga dari Perairan Rawa Gambut di Kelurahan Air Hitam Kota Pekanbaru Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, 3(2).
- Negara, B. F. S., Nursalim, N., Herliany, N. E., Renta, P. P., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2019). Peranan dan pemanfaatan mikroalga *Tetraselmis chuii* sebagai

- bioetanol. *Jurnal Enggano*, 4(2), 136-147.
- Nisa, K., Ajizah, A., & Amintarti, S. (2021). The validity of learning media in the form of booklet types of Pteridophyta (Fern) in the Riverbanks of Wisata Alam Sungai Kembang for Senior High School grade X. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 3(2), 92-97.
- Nissa, M. A. (2021). *Kajian Tingkat Keanekaragaman Hayati Di Lingkungan Sekitar Sekolah SMAN 1 Kluet Timur Kabupaten Aceh Selatan Sebagai Pendukung Materi Keanekaragaman Hayati* (Doctoral dissertation, UIN AR-RANIRY).
- Nurhalisa, S., & Baharuddin, M. R. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Asesmen Kompetensi Minimum dan Pemecahan Masalah. *Jurnal Literasi Digital*, 1(3), 192-202.
- Nursandah, A., Rifaldi, M., & Farichah, H. (2022). Pengaruh Air Payau Terhadap Kuat Tekan Beton. *AGREGAT*, 7(1), 621-629.
- Pane, R. R. F., & Harahap, A. (2023). Studi Keanekaragaman Mikroalga di Perairan Sungai Barumun. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 6(1), 198-207.
- Paul, S., Haridevi, C. K., Bera, S., Hardikar, R., & Fatima, S. A. (2025). Phytoplankton assemblage and restricted bloom of *Merismopedia* sp.(Meyen, 1839) in an anthropogenically stressed tropical estuary (Ulhas estuary), India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(4), 412.
- Prasetyo, Linggar D., Supriyanti, Endang, Sedjati, Sri. (2022). Pertumbuhan Mikroalga *Chaetoceros calcitrans* Pada Kultivasi dengan Intensitas Cahaya Berbeda. *Buletin Oseanografi Marina Februari*, Vol. 11. DOI:10.14710/buloma.v11i1.31698.
- Prastya, H., Danial, M. M., & Deah, A. (2024). Desalinasi Air Payau Menggunakan Metode Reverse Osmosis (RO) Dengan Variasi Tekanan Pompa. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(2), 433-442.
- Purwadhi, P. (2019). Pembelajaran inovatif dalam pembentukan karakter siswa. *Mimbar Pendidikan*, 4(1), 21-34.
- Purwaningtyas, F. Y., Mustakim, Z., Umaminingrum, M. T., & Ghofar, M. A. (2020). Pengaruh ukuran zeolit teraktivasi terhadap salinitas air payau di Desa Kemudi dengan metode adsorpsi. In *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* (p. 7).
- Putri Dan Tjahjuningtyas. (2018). MANAJEMEN PASCA PANEN KULTUR MIKROALGA *Porphyridium Cruentum* PADA SKALA LABORATORIUM DAN SKALA INTERMEDIET DI BALAI BESAR PERIKANAN BUDIDAYA AIR.
- Rahmi, B., Riefani, M. K., & Utami, N. H. (2022). Validitas Buku Ilmiah Digital Keanekaragaman Tumbuhan Semak di Areal Reklamasi Pertambangan Batubara. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5818-5826.
- Rayanto, Y. H. (2020). *Penelitian Pengembangan Model Addie*

- Dan R2d2: Teori & Praktek.* Lembaga Academic & Research Institute.
- Resiana, T., Apriadi, T., & Muzammil, W. (2021). Perifiton Epilitik sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Senggarang di Pulau Bintan, Kepulauan Riau. *Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia*, 28(1).
- Ridha, M., Firman, F., & Desyandri, D. (2021). Efektifitas penggunaan media video pada pembelajaran tematik terpadu di sekolah dasar saat pandemi covid-19. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(1), 154-162.
- Riefani, M. K. (2020). Validitas dan kepraktisan panduan lapangan "keragaman burung" di kawasan pantai desa sungai bakau. *Vidya Karya*, 34 (2), 193.
- Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D. G. (1990). *Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge university press.
- Saniyyah, A. W., & Marniati, M. (2023). Penerapan media handout digital terhadap hasil belajar membuat gambar bagian dan bentuk busana siswa kelas X tata busana SMK Dharma Wanita Gresik. *Journal on Education*, 5(2), 4731-4742.
- Sari, S. W., Setyono, D. E. D., & Suryanti. (2018). Keanekaragaman Fitoplankton di Muara Sungai Serayu, Cilacap. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 159-166.
- Sari, W. E. (2011). *Isolasi dan identifikasi mikroalga cyanophyta dari tanah persawahan Kampung Samfpora*. Cibinong: Bogor.
- Septiana, L. M., Ajizah, A., & Halang, B. (2023). Karakterisasi Jamur Mikroskopis Pada Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Sebagai Materi Pengayaan Konsep Fungi Kelas X SMA/MA. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2(3), 24-32.
- Setyawati, R. A. R. T. R. (2018). Komposisi Diatom (*Bacillariophyceae*) Perifitik pada Substrat Kaca di Sungai Kapuas Kecil Kota Pontianak Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 7(3).
- Siregar, T. H., & Simatupang, R. R. (2019). Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Estuari Sungai Percut, Deli Serdang, Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 25(1), 1-10.
- Sirumahombar, A. R. P., & Mailani, E. (2023). Pengembangan Bahan Ajar E-Handout Berbasis Aplikasi Melalui Model Problem Based Learning Pada Materi Kecepatan Di Kelas V. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 4074-4085.
- Spolaore, P., C. Joannis-Cassan, E. Duran and A. Isambert. 2006. Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 101:87-96.
- Sugiono, S., Noerdjanah, N., & Wahyu, A. (2020). Uji validitas dan reliabilitas alat ukur SG posture evaluation. *Jurnal Keterampilan Fisik*, 5(1), 55-61.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Sumiati, A., Widyastuti, U., & Sariwulan, T. (2017). Workshop Pengembangan Bahan Ajar Modul Berdasarkan Pendekatan Scientific Pada Kurikulum 2013 Sebagai Sumber Pembelajaran Guru SMK Di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Madani (JPMM)*, 1(1), 86-95.
- Suthers, I., Rissik, D., & Richardson, A. (Eds.). (2019). *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO publishing.
- Syafei, Lenny. S. (2017). Keanekaragaman Hayati dan Konservasi Ikan Air Tawar. *Jurnal Penyuluhan Kelautan dan Perikanan Indonesia*, Vol. 11(1), Hal 48-62.
- Syarifuddin, S., Ilyas, J. B., & Sani, A. (2021). Pengaruh Persepsi Pendidikan & Pelatihan Sumber Daya Manusia Pada Kantor Dinas Dikota Makassar. *Bata Ilyas Educational Management Review*, 1(2).
- Tambaru, R., Haris, A., Samawi, M. F., & Luthfiyah, I. A. (2023). Analisis Kelayakan Nutrien Anorganik Jenis N, P, dan Si untuk Kehidupan Fitoplankton di Perairan Pesisir Tompotana Takalar Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 15(1), 61-74.
- Tambunan, A. L., Yuniar, I., & Trisyani, N. (2022). Kultur Pertumbuhan Mikroalga Spirulina sp. Pada Media Asam, Netral Dan Alkaline Skala Laboraturium. *Fisheries: Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 4(1), 28-37.
- Tugiyono, T., Rustiati, E. L., & Handayani, K. (2022). Keanekaragaman Plankton di Sungai Way Umpu, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(3), 107-115.
- Ulfa, S. W. (2019). *Penuntun Praktikum Botani Tumbuhan Rendah*. Medan: Sumatera Utara.
- Utami, R. P., Noorhidayati, N., & Ajizah, A. (2022). Pengembangan bahan ajar sub konsep struktur dan fungsi jaringan pada tumbuhan di SMA/MA berbentuk e-booklet. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 1(3), 241-252.
- Wehr, J. D., Sheath, R. G., & Kociolek, J. P. (Eds.). (2015). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Elsevier.
- Widiyoko, E. P. (2017). *Evaluasi Program Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Wijnana, A. P. A., Martono, A., Martono, D., Susatya, A., & Yansen, Y. (2023). Kualitas Perairan Dan Keanekaragaman Mikro Alga di Danau Dendam untuk Menyusun Strategi Pengelolaan Kawasan TWA Danau Dendam. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 12(1), 1-7.
- Yaumi, M. (2018). *Media dan teknologi pembelajaran*. Jakarta: Prenada Media.
- Yuliani, E. L., Heri, V., Bakara, D. O., Sammy, J., & Ariesta, D. L. (2023). *Keanekaragaman Hayati-Pengenalan Materi untuk Pengembangan Kurikulum Merdeka dan*

Muatan Lokal Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah Pertama di Kabupaten Kapuas Hulu. CIFOR.

- Yusianda, Z., Efawani, E., & Eddiwan, K. (2022). Identification, Isolation and Culture of 5 Microalgae Isolates From The Sail River, Lima Puluh District, Pekanbaru City. *Berkala Perikanan Terubuk*, 50(3), 1597-1606.
- Zainal, M. (2021). Optimalisasi Google Site sebagai Media Pembelajaran Berbasis Website pada Pembelajaran Jarak Jauh. *Prosiding Nasional Pendidikan: LPPM IKIP PGRI Bojonegoro*, 2(1), 42-51.
- Zaqiyah, F. (2016). *Pengamatan Kelimpahan Plankton di Tambak Udang Vannamei Sistem Intensif PT Surya Windu Kartika, Desa Bomo, Kecamatan Rogojampi, Banyuwangi*. Diakses melalui <https://repository.unair.ac.id/> pada tanggal 10 Januari 2024.