



**PENGEMBANGAN *E-HANDOUT* BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* KONSEP FITOREMEDIASI BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN LIMBAH TEKSTIL
SASIRANGAN**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pendidikan Biologi

Oleh:

Novita Rahmayanti

NIM. 2110119220022

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI JURUSAN PENDIDIKAN
MATEMATIKA DAN IPA FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU
PENDIDIKAN UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARMASIN
MEI 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI
PENGEMBANGAN E-HANDOUT BERBASIS PROBLEM BASED
LEARNING KONSEP FITOREMEDIASI BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN LIMBAH TEKSTIL
SASIRANGAN

Oleh:
Novita Rahmayanti
NIM 2110119220022

Telah dipertahankan di hadapan dewan penguji
pada tanggal 8 Januari 2025 dan dinyatakan lulus.

Susunan Dewan Penguji
Ketua Penguji/Penguji I



Dr. Bunda Halang, M.T.
NIP. 196205281991031004

Anggota Penguji/Pembimbing I



Dra. Hj. Sri Aminarti, M.Si.
NIP. 196009091987032001

Sekretaris Penguji/Penguji II



Dewi Amelia Widiyastuti, S.Si., M.Pd.
NIP. 198806022022032007

Program Studi Pendidikan Biologi
Koordinator,



Prof. Dr. H. Aminuddin Prahata Putra, M.Pd.
NIP. 196511171990031005

Banjarmasin, 14 Mei 2025
Jurusan PMIPA FKIP ULM
Ketua,



Dr. Syaltmani, M.Si.
NIP. 196801231993031002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarmasin, 14 Mei 2025



Novita Rahmayanti

NIM. 2110119220022

PENGEMBANGAN *E-HANDOUT* BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* KONSEP FITOREMEDIASI BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN LIMBAH TEKSTIL SASIRANGAN (Oleh: Novita Rahmayanti; Pembimbing: Dra. Hj. Sri Amintarti, M.Si.; 2025)

ABSTRAK

Kain sasirangan budaya khas Kalimantan Selatan banyak diproduksi oleh rumah industri di Kampung Sasirangan Banjarmasin menghasilkan limbah tekstil yang dapat mencemari air sungai akibat pengrajin industri kain sasirangan kerap membuang air limbah langsung ke sungai sehingga membutuhkan alternatif pengolahan limbah yang efektif, murah dan efisien. Pengolahan air limbah tekstil dilakukan konsep fitoremediasi dengan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai biokoagulan yang mengendapkan polutan sisa limbah tekstil sasirangan dengan percobaan konsentrasi 2 gr, 4 gr, 6 gr, 8 gr, dan 10 gr serbuk biji kelor. Uji fitoremediasi dilakukan pada 1 jam dan 24 jam setelah perlakuan dengan pendukung berupa suhu, Ph, DO, dan TDS. Fitoremediasi biji kelor sebagai biokoagulan efektif mengendapkan polutan serta memengaruhi nilai parameter di bawah standar baku mutu limbah. Penelitian ini merupakan pengembangan *E-Handout* penunjang mata kuliah Bioteknologi dengan metode 4D (Thiagarajan *et al.*, 1974) berbasis *problem based learning* yang dilakukan sampai pada tahap *dissemination* terbatas. Subjek uji kesesuaian dan uji kelayakan dilakukan oleh 2 orang validator, uji keterbacaan dilakukan oleh 6 mahasiswa dan uji respon oleh 9 mahasiswa Pendidikan Biologi PMIPA FKIP ULM Banjarmasin yang telah lulus mata kuliah Bioteknologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *E-Handout* yang dikembangkan memperoleh persentase 91,6 pada uji kesesuaian dengan kriteria sangat sesuai, 92,4% pada uji kelayakan dengan kriteria sangat layak, 94,2% pada keterbacaan dengan kriteria sangat baik dan 93,8% pada respon dengan kriteria sangat baik.

Kata Kunci: *E-Handout*, *fitoremediasi limbah tekstil sasirangan*, *biokoagulan biji kelor*, *4-D*.

DEVELOPMENT OF E-HANDOUT BASED ON PROBLEM-BASED LEARNING CONCEPT OF MORINGA SEED (*Moringa oleifera*) PHYTOREMEDIATION AS A BIOCOAGULANT IN THE PROCESSING OF SASIRANGAN TEXTILE WASTE (By: Novita Rahmayanti; Supervisor: Dra. Hj. Sri Amintarti, M.Si.; 2025)

ABSTRACT

Sasirangan cloth, a cultural hallmark of South Kalimantan, is widely produced by home industries in Kampung Sasirangan, Banjarmasin, generating textile waste that can pollute river water because Sasirangan cloth artisans often discharge wastewater directly into the river. This necessitates an effective, inexpensive, and efficient waste treatment alternative. The treatment of textile wastewater was carried out using the phytoremediation concept with moringa seed powder (*Moringa oleifera*) as a biocoagulant to precipitate the pollutants from the sasirangan textile waste, with experiments conducted at concentrations of 2 g, 4 g, 6 g, 8 g, and 10 g of moringa seed powder. Phytoremediation tests were conducted at 1 hour and 24 hours after treatment, supported by parameters such as temperature, pH, DO, and TDS. Moringa seed phytoremediation as an effective biocoagulant precipitates pollutants and affects parameter values below the standard waste quality benchmarks. This research is the development of an E-Handout to support the Biotechnology course using the 4D method (Thiagarajan *et al.*, 1974) based on problem-based learning, conducted up to the limited dissemination stage. The suitability and feasibility tests were conducted by 2 validators, the readability test by 6 students, and the response test by 9 Biology Education students from PMIPA FKIP ULM Banjarmasin who had completed the Biotechnology course. The research results show that the developed E-Handout received a percentage of 91.6% in the suitability test with the criterion of very suitable, 92.4% in the feasibility test with the criterion of very feasible, 94.2% in the readability test with the criterion of very good, and 93.8% in the response test with the criterion of very good.

Keywords: E-Handout, phytoremediation of sasirangan textile waste, moringa seed biocoagulant, 4-D.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan taufik-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri teladan bagi kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengembangan *E-Handout* berbasis *Problem Based Learning* Konsep Fitoremediasi Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Tekstil Sasirangan"** tepat pada waktunya baik berkat bantuan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapat gelar sarjana S-1 pada Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lambung Mangkurat.

Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Maniran dan Ibu Hartini selaku orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan dorongan, do'a, dan kasih sayang yang sangat besar.
2. Bapak Prof. Dr. H. Aminuddin Prahatama Putra, M.Pd., selaku koordinator program studi Pendidikan Biologi.
3. Ibu Dra. Hj. Sri Amintarti, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Bunda Halang, M.T., dan Ibu Dewi Amelia Widiyastuti, S.Si., M.Pd., selaku dosen penguji yang memberikan masukan dan saran yang sangat membantu.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Pendidikan Biologi FKIP ULM, atas ilmu, fasilitas, dan pelayanan yang diberikan selama masa perkuliahan.
6. Ibu Utami Irawati, Ph.D, selaku Koordinator dan Sekretaris Prodi Kimia FMIPA ULM yang berkenan meminjamkan alat dalam melakukan penelitian.

7. Bapak Prof. Rodiansono, S.Si., M.Si., Ph.D, selaku Kepala Laboratorium Material Anorganik dan Katalis Kimia FMIPA ULM yang telah mengizinkan peneliti melakukan penelitian di laboratorium.
8. Mahasiswa/I Program Studi Pendidikan Biologi Angkatan 2022 FKIP ULM, yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini.
9. Teman-teman dekat, atas dukungan, waktu, dan semangat yang diberikan sepanjang proses penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan dan dukungan, baik langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, masukan dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, dan semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Banjarmasin, 14 Mei 2025



Novita Rahmayanti

NIM. 2110119220022

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN.....	
ABSTRAK.....	
PRAKATA.....	
DAFTAR ISI.....	
DAFTAR TABEL.....	
DAFTAR GAMBAR.....	
DAFTAR LAMPIRAN.....	
BAB I PENDAHULUAN.....	
1.1 Latar Belakang.....	
1.2 Rumusan Masalah.....	
1.3 Batasan Masalah.....	
1.4 Tujuan Penelitian.....	
1.5 Manfaat Penelitian.....	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	
2.1.. Penelitian Pengembangan.....	
2.2.. Bahan Ajar.....	
2.3.. Handout.....	
2.4.. E-Handout.....	
2.5.. Problem Based Learning (PBL).....	
2.6.. Sasirangan.....	
2.7.. Fitoremediasi.....	
2.8.. Biokoagulan.....	
2.9.. Koagulasi-Flokulasi.....	

2.10 Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	
2.11 Gambaran Umum Penelitian.....	
BAB III METODE PENELITIAN.....	
3.1. Desain Penelitian.....	
3.2. Penelitian Deskriptif.....	
3.3. Prosedur Pengumpulan Data Riset.....	
3.4. Instrumen dan Data Penelitian.....	
3.5. Prosedur Penelitian dan Pengembangan.....	
3.6. Analisis Data.....	
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	
4.1. Hasil Penelitian.....	
4.2. Saran.....	
BAB V KESIMPULAN.....	
5.1. Kesimpulan.....	
5.2. Saran.....	
DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Langkah-langkah model pembelajaran PBL.....	23
Tabel 2.2 Baku mutu air limbah untuk industri tekstil.....	28
Tabel 3.1. CP-MK Bioteknologi.....	47
Tabel 3.2 Format rancangan produk <i>E-Handout</i>	51
Tabel 3.3 Kriteria hasil uji kesesuaian.....	54
Tabel 3.4 Kriteria hasil uji kelayakan.....	57
Tabel 3.5 Kriteria hasil uji keterbacaan.....	59
Tabel 3.6 Kriteria hasil uji respon.....	59
Tabel 4.1 Nilai pH Penelitian Perlakuan 1 Jam.....	61
Tabel 4.2 Nilai pH Penelitian Perlakuan 24 Jam.....	62
Tabel 4.3 Nilai TDS Penelitian Perlakuan 1 Jam.....	63
Tabel 4.4 Nilai TDS Penelitian Perlakuan 24 Jam.....	63
Tabel 4.5 Hasil Biokoagulan Biji Kelor pada Proses Pengendapan.....	65
Tabel 4.6 Nilai DO Penelitian Perlakuan 1 Jam.....	67
Tabel 4.7 Nilai DO Penelitian Perlakuan 24 Jam.....	67
Tabel 4.8 Nilai Suhu Penelitian Perlakuan 1 Jam.....	68
Tabel 4.9 Nilai Suhu Penelitian Perlakuan 24 Jam.....	68
Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Uji Kesesuaian <i>E-Handout</i>	78
Tabel 4.11 Hasil Saran dan Revisi pada Uji Kesesuaian <i>E-Handout</i>	79
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Uji Kelayakan <i>E-Handout</i>	80
Tabel 4.13 Hasil Saran dan Revisi pada Uji Kelayakan <i>E-Handout</i>	81
Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan <i>E-Handout</i>	82
Tabel 4.15 Hasil Saran dan Revisi pada Uji Keterbacaan <i>E-Handout</i>	83
Tabel 4.16 Rekapitulasi Hasil Uji Respon <i>E-Handout</i>	84
Tabel 4.17 Hasil Saran dan Revisi pada Uji Respon <i>E-Handout</i>	85

Tabel 4.18 Alat Jar Test Flocculator.....	86
Tabel 4.19 Parameter penelitian	87

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram alur pengembangan produk model 4-D	11
Gambar 2.2 Biji Kelor.....	37
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	56
Gambar 4.1 Desain cover depan.....	82
Gambar 4.2 Desain cover belakang.....	83
Gambar 4.4 Desain prakata.....	83
Gambar 4.5 Desain bagian isi.....	83
Gambar 4.6 Desain bagian isi.....	84
Gambar 4.7 Pembentukan flok proses koagulasi-fluktuasi.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. RPS Pengantar Bioteknologi.....	118
Lampiran 2. Jadwal penelitian.....	119
Lampiran 3. Hasil angket analisis kebutuhan dosen.....	120
Lampiran 4. Hasil angket analisis kebutuhan mahasiswa.....	125
Lampiran 5. Hasil instrumen uji kesesuaian para ahli.....	132
Lampiran 6. Hasil instrumen uji kelayakan para ahli.....	143
Lampiran 7. Hasil instrumen uji keterbacaan mahasiswa.....	156
Lampiran 8. Hasil instrumen uji respon mahasiswa.....	170
Lampiran 9. Hasil pengembangan.....	183
Lampiran 10. Dokumentasi penelitian.....	185