

**UJI FITOREMEDIASI PADA LIMBAH CAIR TAHU
MENGUNAKAN GENJER (*Limnocharis flava* L.)
UNTUK MENGURANGI KADAR PENCEMARAN
AIR SEBAGAI PENUNJANG MATA KULIAH
EKOLOGI DAN MASALAH LINGKUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan Oleh

NINA DEVITA SARI

NIM. 140207041

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2019 M/1440 H**

**UJI FITOREMEDIASI PADA LIMBAH CAIR TAHU
MENGUNAKAN GENJER (*Limnocharis flava* L.)
UNTUK MENGURANGI KADAR PENCEMARAN
AIR SEBAGAI PENUNJANG MATAKULIAH
EKOLOGI DAN MASALAH LINGKUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
dalam Ilmu Pendidikan Islam

Oleh

NINA DEVITA SARI
NIM. 140207041
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Eva Nauli Taib, M.Pd
NIP. 19820423 201101 2 010

Pembimbing II,



Muslich Hidayat, M.Si
NIP. 19790302 200801 1 008

**UJI FITOREMEDIASI PADA LIMBAH CAIR TAHU
MENGUNAKAN GENJER (*Limnocharis flava* L.)
UNTUK MENGURANGI KADAR PENCEMARAN
AIR SEBAGAI PENUNJANG MATA KULIAH
EKOLOGI DAN MASALAH LINGKUNGAN**

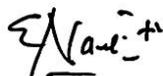
SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
pada Program Studi Pendidikan Biologi

Pada Hari/Tanggal : Rabu, 12 Desember 2018 M
5 Rabiyyul Akhir 1440 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

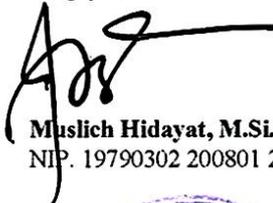
Ketua,


Eva Nauli Taib, M.Pd.
NIP. 19820423 201101 2 010

Sekretaris,


Safrizal A. M.Pd.

Penguji I,


Muslich Hidayat, M.Si.
NIP. 19790302 200801 2 008

Penguji II,


Samsul Kamal, M.Pd.
NIP. 19800516 201101 1 007



Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam Banda Aceh


Dr. Muslim Razali, S.H. M.Ag.
NIP. 19590309 198903 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nina Devita Sari
NIM : 140207041
Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
Judul Skripsi : Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 27 November 2018

Yang menyatakan,



(Nina Devita Sari)

ABSTRAK

Limbah cair tahu yang dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut akan menimbulkan pencemaran. Pencemaran tersebut akan menurunkan kandungan oksigen terlarut di air dan menciptakan suasana anaerobik, sehingga akan mengganggu ekosistem dan kehidupan di dalam perairan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar pencemaran air di dalam perairan adalah dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman air. Genjer (*Limnocharis flava* L) merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar pencemaran air dalam limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L), mengetahui pemanfaatan hasil penelitian sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan dan menganalisis kelayakan modul pembelajaran sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode RAL dengan perlakuan penanaman genjer dengan berat (P₄) 200 gr, (P₃) 150 gr, (P₂) 100 gr, (P₁) 50 gr serta (P₀) sebagai kontrol dengan 3 kali ulangan selama 14 hari. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan di uji lanjut menggunakan BNJ pada taraf 5%. Paramater yang diukur yaitu tingkat pengurangan kadar BOD. Hasil penelitian menunjukkan tingkat pengurangan kadar BOD pada (P₄) sebesar 83,49%, (P₃) 82,31%, (P₂) 79,95%, (P₁) 64,61% dan (P₀) sebesar 23,12%. Perhitungan data menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($53267.21 > 3,478$) serta hasil uji lanjut BNJ yaitu 1,19. *Output* hasil penelitian dibuat dalam bentuk modul pembelajaran. Hasil uji kelayakan modul oleh validator didapatkan skor 90,2, sehingga modul tersebut sangat layak dijadikan sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.

Kata Kunci: Fitoremediasi, genjer (*Limnocharis flava* L), limbah cair tahu

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil ‘Alaamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkah dan limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L) terhadap Pengurangan Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari program Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Shalawat dan salam terlanturkan kepada kekasih Allah yaitu Nabi Besar Muhammad SAW, semoga rahmat dan hidayah Allah juga diberikan kepada sanak saudara dan para sahabat serta seluruh muslimin sekalian.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai kesulitan, dan hambatan mulai dari pengumpulan literatur, pengerjaan di lapangan, pengambilan sampel sampai pada pengolahan data maupun proses penulisan. Namun dengan penuh semangat dan kerja keras serta ketekunan sebagai mahasiswa, Alhamdulillah akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Hal tersebut tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah membantu, memberi kritik dan saran yang sangat bermanfaat dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini.

Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Dr. Muslim Razali, SH., M.Ag selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Samsul Kamal, S.Pd., M.Pd selaku Ketua Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh
3. Ibu Eva Nauli Taib, S.Pd., M.Pd selaku Penasehat Akademik serta Pembimbing I yang telah banyak membantu penulis dalam segala hal baik memberi nasehat, bimbingan saran dan menjadi orang tua bagi penulis mulai dari awal sampai dengan penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana.
4. Bapak Muslich Hidayat, S.Pd., M.Si selaku pembimbing II yang tidak henti-hentinya memberikan bantuan, ide, nasehat, material, bimbingan, dan saran, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Mulyadi, M.Pd, serta seluruh bapak dan ibu Dosen, semua staf, asisten dan laboran Laboratorium yang telah memberikan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan gelar sarjana di Prodi Pendidikan Biologi.
6. Terima kasih kepada semua staf pustaka di ruang baca Prodi Pendidikan Biologi, dan pustakan FTK Tarbiyah UIN Ar-Raniry yang telah membantu penulis menyediakan referensi-referensi buku dan skripsi guna mendukung penulisan skripsi ini.
7. Kepada sahabat-sahabat yang selama ini selalu ada; Kakak Rahayu Maretalina, S.Pd, Kakak Hadi Safriani, S.Pd, Sri Wulan, S.Pd, Nanda Safrina, S.Pd, Manna Wassalwa, S.Pd, Maulidya, S.Pd, Nanda Marfina, Ufra, Niswatul Laeni dan Endamin, serta seluruh teman-teman untuk

kebersamaanya selama ini, juga kepada kakak-kakak dan abang-abang PBL yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis.

Terimakasih teristimewa sekali kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda Sukarni (alm) dan Ibunda Erdinur, S.Pd dengan segala pengorbanan yang ikhlas dan kasih sayang yang telah dicurahkan sepanjang hidup penulis, doa dan semangat juga tidak henti diberikan menjadi kekuatan dan semangat bagi penulis dalam menempuh pendidikan hingga dapat menyelesaikan tulisan ini. Kepada abang yang selalu memberi semangat Bang Ferdy Satria, Bang Didik Juliardi serta seluruh keluarga yang selama ini telah mencurahkan waktu dan tenaganya untuk memberikan nasehat, semangat, motivasi serta dukungan, baik itu materi dan non-materi ketika penulis menempuh pendidikan.

Semoga segala kebaikan dibalas oleh Allah dengan kebaikan yang berlipat ganda. Penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kesalahan dan kekhilafan yang pernah penulis lakukan. Penulis juga mengharapkan saran dan komentar yang dapat dijadikan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini. Semoga apa yang disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Dan semoga segalanya dapat berberkah serta bernilai ibadah di sisi-Nya. Aamiin Yarabbal 'Alaamiin.

Banda Aceh, 27 November 2018
Penulis,

Nina Devita Sari

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
SURAT PERNYATAAN	
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
TRANSLITERASI.....	xiv
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	10
C. Tujuan Penelitian.....	10
D. Manfaat Penelitian.....	11
E. Hipotesis	11
F. Definisi Operasional.....	12
BAB II : LANDASAN TEORETIS	
A. Fitoremediasi	15
1. Definisi Fitoremediasi	15
2. Tahap-Tahap Fitoremediasi.....	16
3. Kelebihan dan Kekurangan Proses Fitoremediasi	19
B. Limbah Cair Tahu.....	20
1. Definisi Limbah Cair Tahu	20
2. Kandungan Limbah Cair Tahu	21
3. Parameter Pencemaran Limbah Cair Tahu.....	23
C. Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.).....	27
D. Pencemaran Air	30
E. Pemanfaatan Hasil Penelitian Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.....	32
F. Modul Pembelajaran.....	34
G. Penelitian Relevan	37
BAB III : METODE PENELITIAN	
A. Rancangan Penelitian	41
B. Populasi dan Sampel Penelitian.....	42
C. Instrumen Pengumpulan Data	42
D. Teknik Pengumpulan Data	42
E. Teknik Analisis Data	45

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	50
1. Tingkat Pengurangan Kadar BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>) dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.)	50
2. Pemanfaatan Hasil Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu menggunakan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan	54
3. Kelayakan Modul Pembelajaran Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu menggunakan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan	56
B. Pembahasan.....	58
1. Tingkat Pengurangan Kadar BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>) dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.)	60
2. Pemanfaatan Hasil Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu menggunakan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan	69
3. Kelayakan Modul Pembelajaran Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu menggunakan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan	70

BAB V : PENUTUP

A. Simpulan.....	73
B. Saran	73

DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN-LAMPIRAN	79
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Skematik Aliran Air, Karbondiosida dan Zat Kimia pada Tanaman serta Jalur Penyerapan Polutan pada tanaman pada Proses Fitoremediasi	18
Gambar 2.2 : Diagram Pengelompokan Bahan yang Terkandung dalam Limbah	22
Gambar 2.4 : Tanaman Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L)	29
Gambar 4.1 : Persentase Tingkat Pengurangan BOD Menggunakan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L).....	51
Gambar 4.2 : Cover Modul Pembelajaran	55
Gambar 4.3 : Daftar Isi Modul Pembelajaran	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Baku Mutu Limbah Usaha Kedelai (Tahu).....	23
Tabel 3.1 : Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian Uji Fitoremediasi Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.) terhadap Pengurangan Kadar Pencemaran Air.....	41
Tabel 3.2 : Pembagian Rentang Kelayakan.....	47
Tabel 4.1 : Pengurangan Kadar BOD pada berbagai Variasi Perlakuan	50
Tabel 4.2 : Hasil Uji ANOVA Penurunan Kadar BOD dengan berbagai Berat Genjer (<i>Limnocharis Flava</i> L.)	52
Tabel 4.3 : Hasil Uji BNJ Penurunan Kadar BOD dengan berbagai Berat Genjer (<i>Limnocharis Flava</i> L.)	53
Tabel 4.5 : Hasil Validasi Modul Pembelajaran	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Surat Keputusan Pembimbing Skripsi.....	79
Lampiran 2	: Surat Permohonan Izin Mengumpulkan Data dari Dekan.....	80
Lampiran 3	: Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	81
Lampiran 4	: Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian dari di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry	82
Lampiran 5	: Pengolahan Data dengan ANOVA Menggunakan SPSS	83
Lampiran 6	: Lembar Kuesioner Penilaian Produk Hasil Penelitian Modul Pembelajaran Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air.....	86
Lampiran 7	: Foto Kegiatan Penelitian	101

كانت النفايات السائلة فول الصويا مرما بدون التحويل يسبب الملوث . و ينقص الملوث محتوى الأوكسجين مذوب في الماء ويصل الى إيروبيك (Anaerobik) حتى يعرقل النظم الإيكولوجية والحيلة في الماء. وكانت المحاولة من هذه المشكلة يعني انخفاض محتوى ملوث الماء في الماء وهي بتطبيق وسيلة فيتوريميديس (fitoremediasi) باستخدام النباتات المائية. كنجير (*Limnocharis flava L.*) من النباتات تستخدم به وكلا في فيتوريميديس. وأما الهدف من هذا البحث تعريفا لانخفاض محتوى ملوث الماء في النفايات السائلة لفول الصويا (*Limnocharis flava L.*). ولمعرفة استخدام نتيجة البحث لدعم علم البيئة ويحلل الجذارة الوحيدة في المحاضرة. تستخدم الباحثة طريقة RAL بعلاج الزراعة كنجير وثقبه (p4) ٢٠٠ غرام (p3) ١٥٠ غرام (p2) ١٠٠ غرام (p1) ٥٠ غرام و (p0) كضابط بثلاثة كرر خلال ١٤ أيام. وكان تحليل البيانات هذا البحث باستخدام ANOVA ويختبر باستخدام BNJ مدى ٥%. وكانت المعلمة التي تقاس هي مستوى المحتويات BOD . وأما نتيجة البحث يدل على أن مستوى النقص BOD في p4 ٨٣ ، ٤٩ % و p3 ٨٢،١٢ % و p2 ٧٩،٩٥ % و p1 ٦٤،٦١ % و p0 ٢٣،١٢ % . واختبار البيانات باستخدام ANOVA يدل على أن $F_{hitung} > F_{tabel}$ (٣،٤٧٨ < ٥٣٢٦٧،٢١) و BNJ ١،١٩ . وأخرجت نتيجة البحث بشكل الوحيدة الدراسية. ووجدت المصادقة ٩٠،٢ لاختبار الجذارة حتى يصبح دعما في مادة علم البيئة.

كلمة الفاتح : فيتوريميديس، (*Limnocharis flava L.*) النفايات السائلة لفول الصويا.

ABSTRACT

Tofu liquid waste which is discarded without further processing will cause pollution. The pollution will reduce the oxygen content dissolved in the water and create an anaerobic atmosphere, so that it will disrupt the ecosystem and life in the waters. One of the efforts that can be done to reduce the level of water pollution in the waters is by phytoremediation method using water plants. Yellow velvetleaf (*Limnocharis flava* L) is a plant that can be used as a phytoremediation agent. This study aims to determine the reduction in water pollution levels in tofu liquid waste using yellow velvetleaf (*Limnocharis flava* L), to find out the use of research results as a support for Ecology and Environmental Problems courses and analyze the feasibility of learning modules to support Ecology and Environmental Problems courses. This study used the RAL method with the treatment of planting yellow velvetleaf with weight (P4) 200 gr, (P3) 150 gr, (P2) 100 gr, (P1) 50 gr and (P0) as control with 3 replications for 14 days. Data were analyzed using ANOVA and in further testing using BNJ at the level of 5%. The measured parameter is the level of reduction in BOD levels. The results showed that the level of reduction in BOD levels on (P4) was 83.49%, (P3) 82.31%, (P2) 79.95%, (P1) 64.61% and (P0) of 23.12%. Calculation of data using ANOVA shows that $F_{count} > F_{table}$ ($53267.21 > 3.478$) and BNJ follow-up test results are 1.19. The *output* of the research results is made in the form of a learning module. The results of the module feasibility test by the validator obtained a score of 90.2, so that the module is very feasible as a support for Ecology and Environmental Problems courses.

Keywords: Phytoremediation, yellow velvetleaf (*Limnocharis flava* L), tofu liquid waste

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ekologi dan Masalah Lingkungan adalah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme dan lingkungan hidup. Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan merupakan salah satu mata kuliah yang dipelajari oleh mahasiswa/i Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Biologi pada semester II (Genap) dengan bobot 2 SKS teori tanpa SKS praktikum. Mata Kuliah dan Ekologi Lingkungan bertujuan memberikan kemampuan pada mahasiswa untuk memahami konsep-konsep dasar mengenai lingkungan, memahami dan menganalisis permasalahan yang ada, baik dalam skala lokal, regional maupun global, memahami pentingnya konsep pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dalam memahami semua kegiatan yang berkaitan dengan lingkungan, mengetahui alternatif pemecahan masalah lingkungan dengan pendekatan ekologis dan sentuhan teknologis.¹ Salah satu materi perkuliahan yang tercantum dalam silabus mata kuliah Ekologi dan Masalah lingkungan adalah kajian tentang pencemaran air.

Materi pencemaran air yang dipelajari pada mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan diantaranya membahas tentang pengertian pencemaran air, ciri-ciri air tercemar, komponen-komponen bahan pencemaran air, sumber

¹ Kamal, S., *Silabus Ekologi dan Masalah Lingkungan Jurusan FITK UIN Ar-Raniry*, 2014.

pencemaran air, dampak dari pencemaran air serta cara menanggulangi pencemaran air.

Pencemaran air merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Masukan dalam definisi pencemaran air sering disebut sebagai unsur pencemaran (*pollutants*). *Pollutans* tersebut dalam praktiknya berupa buangan yang bersifat rutin, seperti tumpahan minyak atau bahan-bahan kimia lain seperti limbah cair.²

Hasil wawancara dengan salah satu Dosen pengampu Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah UIN AR-Raniry, diperoleh informasi bahwasanya pembelajaran yang berlangsung selama ini sudah cukup baik, karena selain adanya diskusi dan tanya jawab selama proses pembelajaran, mahasiswa juga ditugaskan untuk melakukan observasi langsung ke tempat-tempat tertentu seperti ke BKKBN (Badan Koordinasi Keluarga Nasional), BPS (Badan Pusat Statistik), Hutan Kota, Sungai Krueng Daroy, dan lain sebagainya. Namun, terdapat sedikit masalah mengenai referensi penunjang pembelajaran. Referensi sudah tersedia, namun belum mencukupi sepenuhnya. Umumnya referensi yang tersedia itu membahas tentang permasalahan yang terjadi di luar Aceh, seperti masalah pencemaran air yang disebabkan oleh limbah. Hanya sedikit saja didapatkan referensi mengenai masalah limbah yang berasal dari Aceh baik melalui buku atau hasil penelitian, terutama mengenai pengolahan

²Yonathan Pongtuluran, *Manajemen Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, (Yogyakarta: Andi, 2015), h. 153.

limbah referensinya masih kurang. Terbatasnya referensi ini menyebabkan mahasiswa kurang memahami secara utuh mengenai metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah, karena tidak melihat pengolahannya secara langsung.³

Berdasarkan hasil wawancara dengan mahasiswa angkatan 2014 dan 2015 yang telah mengambil mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan, ditemukan beberapa permasalahan, diantaranya masih kurangnya pemahaman tentang pengolahan limbah, belum adanya aplikasi/praktek maksimal terhadap pendalaman materi yang terkait dengan pencemaran air yang disebabkan oleh limbah, serta upaya untuk mengatasi masalah pencemaran air yang disebabkan oleh limbah.⁴ Maka dari itu, penelitian mengenai pengolahan limbah di Aceh sangat perlu dilakukan, selain untuk melengkapi pengetahuan mahasiswa mengenai pengolahan limbah juga dapat dijadikan sebagai referensi pembelajaran bagi mahasiswa Prodi Pendidikan Biologi FTK UIN Ar Raniry dalam mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.

Limbah merupakan sisa hasil produksi dari usaha aktivitas manusia yang dianggap tidak bermanfaat lagi, tidak bernilai ekonomi serta dapat mencemari lingkungan.⁵ Limbah yang dapat mencemari lingkungan salah satunya adalah limbah cair tahu yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu. Limbah yang

³ Wawancara dengan Salah Satu Dosen Pengampu Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan, pada Tanggal 27 September 2017 di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

⁴ Wawancara dengan Mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry 2014 dan 2015, pada Tanggal 27 Oktober 2017 di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

⁵ Deisy L Nusantari, "Pengelolaan Air Limbah Rumah Tangga secara Biologis dengan Media Lumpur Aktif", *Jurnal Lingkungan*, Vol. 13, No. 6, (2012), h. 454-460.

dihasilkan berasal dari air proses pencucian, perendaman serta pembuangan cairan dari campuran padatan tahu dan cairan pada proses produksi.

Limbah cair industri tahu yang dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut akan menimbulkan beberapa permasalahan bagi lingkungan. Biasanya permasalahan yang timbul berupa pengendapan dan peruraian bahan organik (protein, lemak dan karbohidrat) yang merupakan bahan pencemar berbahaya karena sulit terdegradasi secara alami pada badan perairan penerima limbah yang akhirnya memperburuk kualitas air. Parameter kualitas air yang dipengaruhi diantaranya meningkatnya kekeruhan air, tingginya kandungan bahan organik, berkembangnya bakteri patogen, serta timbulnya bau busuk akibat bahan organik terurai dalam kondisi anaerobik. Secara umum, pencemaran perairan oleh limbah cair industri tahu akan menurunkan kandungan oksigen terlarut di air (akibat terurainya bahan organik) dan akhirnya tercipta suasana anaerobik yang akan mengganggu ekosistem dan kehidupan di dalam perairan.⁶

Allah SWT berfirman di dalam Al-Qur'an Surah Ar-Rum ayat 41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. (QS. Ar-Ruum: 41).

⁶ Mumpuni Cyntia Pratiwi, “Pemanfaatan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu”, *Skripsi*, (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2010), h. 1.

Menurut tafsir Ibnu Katsir, Qs Ar Rum ayat 41 bisa menjadi dalil tentang kewajiban melestarikan lingkungan hidup, sebab terjadinya berbagai macam bencana juga karena ulah manusia yang mengeksploitasi alam tanpa diimbangi dengan upaya pelestarian terlebih dahulu, dalam Qs Ar Rum ayat 40 telah disebutkan bahwa perilaku orang-orang musyrik tidak lain adalah bertuhan ganda. Perbuatan syirik ini dituding oleh Allah salah satu faktor utama timbulnya kerusakan di muka bumi, maka ayat di atas (Qs Ar Rum ayat 41) lebih lanjut menjelaskan bahwa tidak sedikit manusia dari kalangan bangsa-bangsa terdahulu menginjak-injak hukum Allah dengan bentuk perbuatan maksiat. Dikalangan mereka sudah merajalela kezaliman dan keserakahan, yang kuat merampas hak-hak kaum lemah. Karena itu, kepada mereka Allah tumpahkan azabnya tanpa satu pun manusia yang mampu mengelaknya.⁷ Maka berdasarkan ayat tersebut dapat diketahui bahwasanya kerusakan lingkungan yang terjadi selama ini disebabkan oleh ulah tangan manusia sendiri, seperti langsung membuang limbah hasil produksi ke badan perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu yang dapat menyebabkan pencemaran air dan kemudian akan berdampak bagi manusia sendiri dan juga organisme lainnya.

UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 20 ayat (3) menyatakan bahwa setiap orang di perbolehkan membuang limbah ke media lingkungan hidup dengan persyaratan: a. Memenuhi baku mutu lingkungan hidup; b. Mendapat izin dari Menteri, Gubernur, atau Bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya. Dalam pasal 67 setiap orang berkewajiban memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup serta mengendalikan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup.⁸ Sudah menjadi kewajiban kita untuk menjaga dengan baik karunia yang tak ternilai harganya dari Allah berupa alam dan keanekaragaman hayatinya, jadi kita harus menjaga kelestarian alam ini, menjaga baku mutu air limbah dan menjaga ekosistem yang ada di dalamnya.

⁷ Tafsir Ibnu Katsir, Volume 6, (Bogor: Pustaka Imam Syafi'i, 2004).

⁸ Jessy Adack, "Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Terhadap Lingkungan Hidup", *Lex Administratum*, Vol.1, No. 3, (2013), h. 78.

Berdasarkan observasi awal yang sudah dilakukan pada salah satu industri tahu yang berada di Kabupaten Aceh Besar, dapat diketahui bahwa limbah cair tahu yang dihasilkan oleh industri tersebut langsung dibuang ke sungai/badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menimbulkan bau busuk yang menyengat dan mencemari perairan. Hal ini juga diperkuat dengan hasil wawancara dengan salah satu karyawan pada industri tahu tersebut, informasi yang diperoleh bahwasanya ada tujuh industri tahu lainnya yang juga membuang langsung limbah produksinya ke dalam sungai yang sama, seperti yang dilakukan oleh industri tempat karyawan tersebut bekerja.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, parameter BOD yang ditetapkan adalah 150 mg/L.⁹ Namun, berdasarkan studi awal pengujian sampel limbah cair tahu yang diambil dari pembuangan awal dan pada pipa pembuangan pada salah satu industri pembuatan tahu di Kabupaten Aceh Besar menunjukkan kadar BOD secara berurutan adalah 420 mg/L dan 480 mg/L. Berdasarkan hasil pengujian tersebut menunjukkan telah melebihi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan, maka diperlukan salah satu alternatif untuk mengurangi kadar pencemaran air di dalam limbah cair tahu yang sesuai ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

PP No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air di katakan bahwa air merupakan sumber daya alam yang di perlukan banyak orang, perlu di pelihara untuk melindungi kualitas air agar air tetap bersih, bermanfaat bagi

⁹ Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. *Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai*. No 15 Tahun 2014.

kehidupan manusia dan ekosistem yang hidup di perairan baik di masa kini maupun di masa yang akan datang, karena itu untuk menjaga kualitas air agar dapat bermanfaat secara berkelanjutan dengan tingkat mutu yang diinginkan, maka perlu pengendalian pencemaran air bagi kehidupan manusia dan untuk mendapatkan lingkungan hidup yang bersih.¹⁰

Salah satu metode pengolahan untuk menanggulangi pencemaran air yaitu dengan menggunakan tanaman air sebagai media untuk menyerap limbah, sehingga dapat menetralsir zat-zat tertentu dalam air dan tanah yang disebut fitoremediasi. Fitoremediasi adalah aplikasi langsung dari fitoteknologi. Fitoteknologi adalah penerapan ilmu dan teknologi untuk mengkaji dan menyiapkan solusi masalah lingkungan dengan menggunakan tumbuhan. Konsep ini memusatkan tumbuhan sebagai teknologi alami yang mampu menyelesaikan masalah lingkungan.¹¹

Berdasarkan Penelitian Firda Lutfiatul Fitria dan Sarwoko Mangkoedihardjo, (2016) yang berjudul Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) untuk Menurunkan Kadar Amonium dan BOD pada BED Evapotranspirasi menjelaskan fitoremediasi menggunakan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) mampu menurunkan kadar BOD limbah cair tahu pada limbah 75% adalah 96,59% (3371,25 menjadi

¹⁰ Jessy Adack, ..., Vol.1, No. 3, (2013), h. 78.

¹¹ Lamria Sidauruk dan Patricius Sipayung, "Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias", *Jurnal Pertanian Tropik*, Vol. 2, No. 2, (2015), h. 179..

115,03 mg/L).¹² Penelitian tersebut menunjukkan adanya penurunan kadar BOD yang signifikan dengan menggunakan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dalam limbah cair tahu yang telah memenuhi ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2015 tentang baku Mutu Air Limbah, kadar BOD yang telah ditetapkan adalah sebesar 150 mg/L.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Pryanti dan Etyun Yunita, (2014) yang berjudul Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava* L.) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn), menyatakan bahwa tanaman genjer mampu menurunkan konsentrasi Fe pada perlakuan konsentrasi 3 ppm. Pada konsentrasi tersebut, genjer dapat menurunkan konsentrasi Fe dari 9,72 ppm ke 3,5 ppm dengan persentase penurunan sebesar 63,99%. Adapun kemampuan tanaman genjer mampu menurunkan konsentrasi Mn pada perlakuan konsentrasi 0 ppm. Pada konsentrasi tersebut, genjer dapat menurunkan konsentrasi Mn dari 1,06 ppm ke 0,42 ppm dengan persentase penurunan sebesar 63,21 %.¹³ Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) mampu menyerap logam berat berupa Fe dan Mn secara signifikan dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Indri Oktoviana, Tengku Abu Hanifah, dan Ganis Fia Kartika, (2015) yang berjudul Potensi Tanaman Genjer

¹² Firda Lutfiatul Fitria dan Sarwoko Mangkoedihardjo, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) untuk Menurunkan Kadar Amonium dan BOD pada BED Evapotranspirasi", *Jurnal Purifikasi*, Vol. 16, No. 2, (2016), h. 89.

¹³ Pryanti dan Etyun Yunita, "Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn)", *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, (2013), h. 287.

(*Limnocharis flava* L.) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II) menyatakan bahwa tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) berpotensi sebagai fitoremediator ion timbal karena memiliki daya untuk menyerap ion Pb pada larutan simulasi. Hasil kadar Pb yang terakumulasi pada tanaman genjer berturut-turut pada hari ke 0; 3; 6 dan 12 hari yaitu 20,45 mg/Kg; 364,98 mg/Kg; 521,64mg/Kg dan 309,01 mg/Kg.¹⁴ Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya waktu pemaparan, tanaman genjer mampu menyerap ion Pb semakin banyak.

Tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah genjer (*Limnocharis flava* L.), dipilihnya tumbuhan genjer karena berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tumbuhan ini memiliki kemampuan secara efektif menurunkan kadar logam berat timbal (Pb), BOD, COD, DO, TTS, sulfat, dan fosfat di perairan tercemar oleh limbah, zat organik maupun anorganik.¹⁵

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan suatu penelitian dengan judul **“Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan”**.

¹⁴ Indri Oktoviana, dkk., “Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II)”, *JOM FMIPA*, Vol. 2, No. 2, (2015), h. 6.

¹⁵ Priyanti, Etyun Yunita, ..., (2013), h. 289

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah tingkat pengurangan kadar BOD dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.)?
2. Bagaimana memanfaatkan hasil penelitian uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air sebagai penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan?
3. Apakah *output* hasil penelitian uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air layak dijadikan sebagai sumber belajar untuk penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui tingkat pengurangan kadar BOD dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.).
2. Untuk mengetahui cara memanfaatkan hasil penelitian uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air sebagai penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.

3. Untuk mengetahui kelayakan *output* hasil penelitian uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air sebagai sumber belajar untuk penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.

D. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini kiranya dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Secara Teoritis

Sebagai salah satu upaya memperluas wawasan dan khazanah ilmu pengetahuan, serta sebagai informasi dan referensi bagi Mahasiswa, Dosen, Peneliti dan Masyarakat mengenai fitoremediasi genjer (*Limnocharis flava* L.) terhadap pengurangan kadar pencemaran air pada limbah cair tahu.

2. Secara Praktis

- a. Bagi mahasiswa/i dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk dijadikan sebagai referensi pembelajaran Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan khususnya tentang pencemaran air.
- b. Bagi Dosen dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk dijadikan sebagai media pengembangan dalam pembelajaran.

E. Hipotesis

H_a : Ada pengaruh perlakuan terhadap penurunan kadar BOD dalam limbah cair tahu.

H_0 : Tidak ada pengaruh perlakuan terhadap penurunan kadar BOD

dalam limbah cair tahu.

F. Definisi Operasional

1. Uji Fitoremediasi

Uji fitoremediasi yaitu penggunaan tanaman hijauan untuk memindahkan, menyerap dan atau mengakumulasikan serta mengubah kontaminan yang berbahaya menjadi tidak berbahaya.¹⁶ Fitoremediasi yang dimaksud disini ialah untuk menjelaskan salah satu metode yang digunakan untuk menetralsir kadar pencemaran air dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.).

2. Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu merupakan limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Sumber limbah tersebut berasal dari proses perendaman kedelai serta proses pemisahan jonjot-jonjot tahu. Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya mikroorganisme.¹⁷ Limbah cair tahu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari salah satu limbah industri tahu di Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh.

¹⁶ Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi, *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*, (Jakarta: Crestpent Press dan Obor Indonesia, 2008), h. 28.

¹⁷ Mumpuni Cyntia Pratiwi, ..., (*Skripsi*), (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2010), h. 8.

3. Genjer (*Limnocharis flava* L.)

Genjer (*Limnocharis flava* L.) adalah sejenis tumbuhan air yang tumbuh di rawa atau kolam berlumpur yang banyak air.¹⁸ Peranan genjer (*Limnocharis flava* L.) yang dimaksud disini ialah sebagai agen fitoremediasi untuk menetralkan kadar pencemaran air dalam limbah cair tahu. Tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) yang digunakan dalam penelitian ini dilihat berdasarkan berat atau bobot tubuh bukan dilihat dari jumlah individu yang digunakan.

4. Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya.¹⁹ Pencemaran air yang dimaksud dalam penelitian ini berasal dari limbah cair tahu yang ditinjau dari parameter BOD.

5. Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Penunjang adalah sesuatu yang dapat mengaktifkan proses belajar mengajar dalam rangka mencapai tujuan pengajaran.²⁰ Penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan yang dimaksud dalam penelitian ini ialah yang akan disajikan dalam bentuk modul pembelajaran.

¹⁸ Syamsul Hidayat dan Rodame Napitupulu, *Kitab Tumbuhan Obat*, (Jakarta: Penebar Swadaya, 2015), h. 137.

¹⁹ Philip Kristanto, *Ekologi Industri Edisi Kedua*, (Yogyakarta: Andi, 2013), h. 116.

²⁰ Oemar Hamalik, *Media Pendidikan*, (Bandung: Alumi, 1990), h. 15.

6. Ekologi dan Masalah Lingkungan

Ekologi dan Masalah Lingkungan merupakan ekologi terapan yakni menerapkan berbagai prinsip dan ketentuan ekologi dalam kehidupan manusia atau ilmu yang mempelajari bagaimana manusia menempatkan dirinya dalam ekosistem atau dalam hidupnya.²¹ Mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan merupakan mata kuliah keahlian (MKK) prodi Pendidikan Biologi dengan bobot 2 SKS.

²¹Agoes Soegianto, Ilmu Lingkungan: Sarana Menuju Masyarakat Berkelanjutan, (Surabaya: Airlangga Universitas Press, 2005), h. 3.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Fitoremediasi

1. Definisi Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari kata Inggris *phytoremediation* kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu *phyto* yang berasal dari kata Yunani *phyton* ("tumbuhan") dan *remediation* yang berasal dari kata Latin *remedium* ("menyembuhkan", dalam hal ini berarti juga "menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan atau kekurangan"), dengan demikian fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai: penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik.²²

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk mengekstrak, mengakumulasi dan/atau detoksifikasi polutan dan merupakan teknik baru dan kuat untuk membersihkan lingkungan. Tumbuhan adalah agensia ideal untuk perbaikan tanah dan air, karena sifat genetik tanaman yang unik baik dari aspek biokimia maupun fisiologisnya.²³ Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang muncul berdasarkan gabungan kegiatan tanaman dan asosiasinya dengan

²² Dwi Azrul Disyamto, dkk., "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Thypha Latifolia* dengan Proses Fitoremediasi", *JOM FTEKNIK*, Vol. 1, No. 2, (2014), h. 4-5.

²³ Lamria Sidauruk dan Patricius Sipayung, "Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias", *Jurnal Pertanian Tropik*, Vol. 2, No. 2, (2015), h. 179.

komunitas mikroorganisme untuk menurunkan, memindahkan, mengaktifkan atau mengurangi bahan beracun di dalam tanah dan air.²⁴

Fitoremediasi juga berlandaskan pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulasi aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*) dan imobilisasi kontaminan di dalam tanah/air oleh eksudat dari akar (*phytostabilization*) serta kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam dari dalam tanah/air dalam jumlah besar dan secara ekonomis digunakan untuk meremediasi tanah/air yang bermasalah (*phytomining*).²⁵

Berdasarkan rumusan pengertian dan pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa yang dikatakan dengan fitoremediasi adalah salah satu metode untuk menanggulangi pencemaran dengan menggunakan tumbuhan dan atau mikroorganisme sebagai media untuk menyerap limbah, sehingga dapat menetralkan zat-zat tertentu dalam air dan tanah.

2. Tahap-Tahap Proses Fitoremediasi

Ada enam tahapan proses yang terjadi ketika fitoremediasi berlangsung, yaitu :

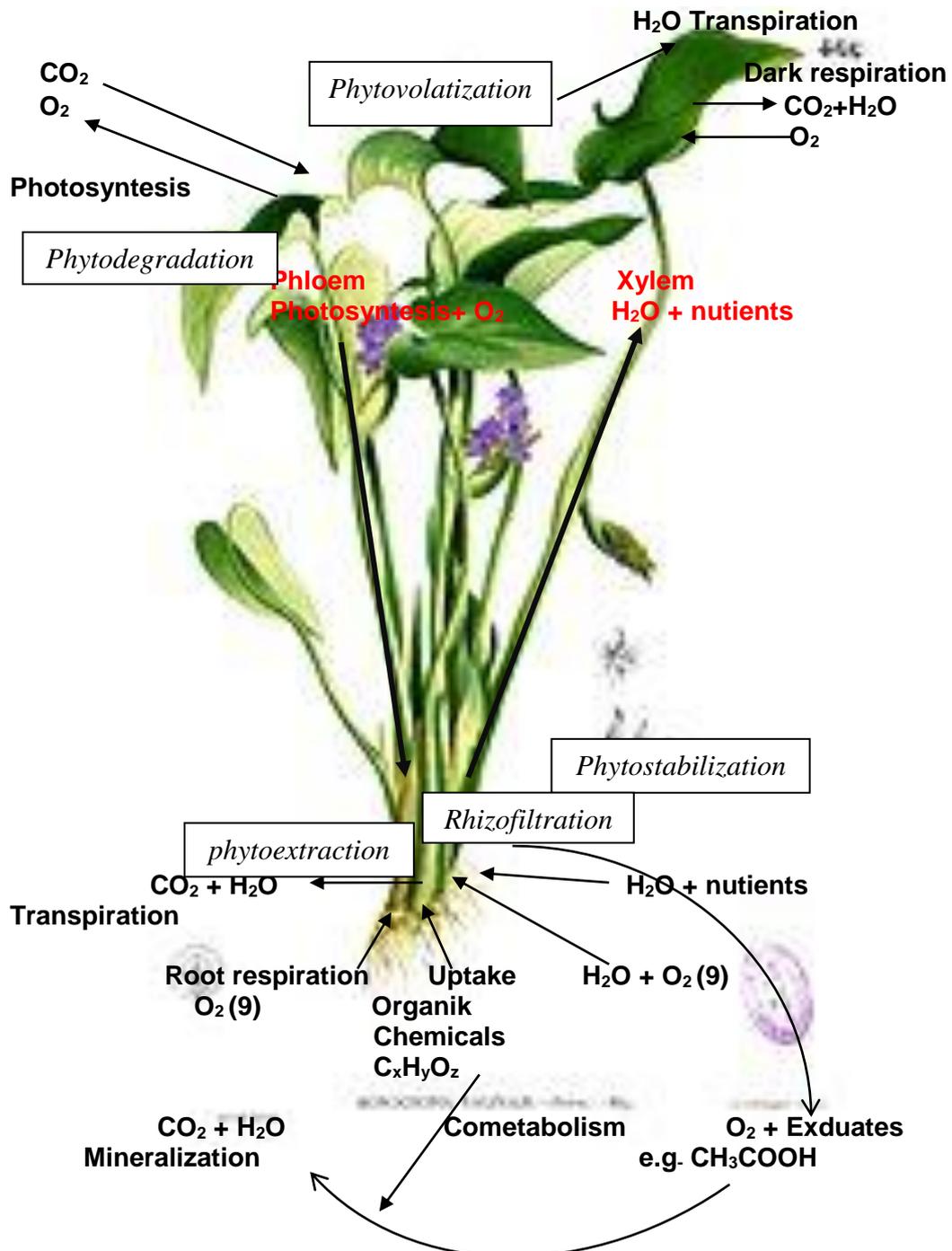
- a. *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dan media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*.

²⁴ Any Bayu Ajeng dan Putu Wesen, “ Penyisihan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Proses Fitoremediasi”, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 5, No.1, h. 18

²⁵ Nuril Hidayati, “Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator”, *Journal IPB*, Vol.12, No.1, (2005), h. 36.

- b. *Rhizofiltration* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
- c. *Phytostabilization* yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat atau stabil pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- d. *Rhizodegradation* disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, *oiplantedassisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan, misalnya ragi, fungi dan bakteri.
- e. *Phytodegradation (phyto transformation)* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri.
- f. *Phytovolatilization* yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer.²⁶

²⁶ Irhamni, "Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi", *Jurnal Serambi Engineering*, Vol. 1, No. 2, (2017), h. 77-78.



Gambar 2.1. Skematik Aliran Air, Karbondioksida, dan Zat Kimia pada Tanaman serta Jalur Penyerapan Polutan pada Tanaman pada Proses Fitoremediasi.²⁷

²⁷ Yola D.Putri, dkk., "Pemanfaatan Tanaman Eceng-Ecengan (Ponteridaceae) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Krom", *IJPST*, Vol. 1, No. 1, (2014), h. 26.

3. Kelebihan dan Kekurangan Proses Fitoremediasi

Ada beberapa kelebihan dari proses fitoremediasi, diantaranya:

- a. Fitoremediasi dianggap teknologi yang inovatif, ekonomis, dan relatif aman terhadap lingkungan sehingga merupakan solusi untuk remediasi beberapa daerah yang tercemar logam berat.
- b. Teknik ini memiliki keuntungan jelas bahwa biaya lebih murah bila dibandingkan dengan teknik *in situ* atau *ex situ* lainnya.
- c. Tanaman dapat dengan mudah dimonitor untuk memastikan pertumbuhan.
- d. Logam berharga dapat direklamasi dan dipakai ulang melalui fitoremediasi.
- e. Keuntungan lainnya dari aplikasi teknik fitoremediasi dibandingkan dengan sistem remediasi lainnya adalah kemampuannya untuk menghasilkan buangan sekunder yang lebih rendah sifat toksiknya, lebih bersahabat dengan lingkungan serta lebih ekonomis.²⁸

Adapun kekurangan dari proses fitoremediasi, diantaranya:

- a. Tehnik ini memerlukan waktu yang lebih lama dan bergantung kepada iklim.
- b. Terdapat kemungkinan masuknya kontaminan ke dalam rantai makanan melalui konsumsi hewan dari tanaman tersebut.

²⁸ Lamria Sidauruk dan Patricius Sipayung, "Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias", *Jurnal Pertanian Tropik*, Vol. 2, No. 2, (2015), h. 179.

- c. Dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem.²⁹

B. Limbah Cair Tahu

1. Definisi Limbah Cair Tahu

Tahu merupakan salah satu jenis makanan yang dibuat dari kedelai dengan jalan memekatkan protein kedelai dan mencetaknya melalui proses pengendapan protein pada titik isoelektrisnya, dengan atau tanpa penambahan unsur-unsur lain yang diizinkan.³⁰ Proses pembuatan tahu tersebut menghasilkan limbah yang apabila tidak dikelola dengan baik maka dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia limbah adalah sisa atau pembuangan dari aktivitas yang tidak bermanfaat lagi. Menurut istilah limbah adalah sisa hasil produksi dari usaha aktivitas manusia yang dianggap tidak bermanfaat lagi, tidak bernilai ekonomi serta dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan dampak negatif.³¹ Limbah yang dapat mencemari lingkungan salah satunya adalah limbah cair tahu yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu yang langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu.

Limbah industri tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Sumber limbah pabrik tahu

²⁹ Lamria Sidauruk dan Patricius Sipayung, ..., Vol. 2, No. 2, (2015), h. 179.

³⁰ M. Lies Suprapti, *Pembuatan Tahu*, (Yogyakarta: Kanisius, 2005), h. 27.

³¹ Deisy L. Nusantari, "Pengelolaan Air Limbah Rumah Tangga secara Biologis dengan Media Lumpur Aktif", *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 1, No. 1, (2012), h. 454-460.

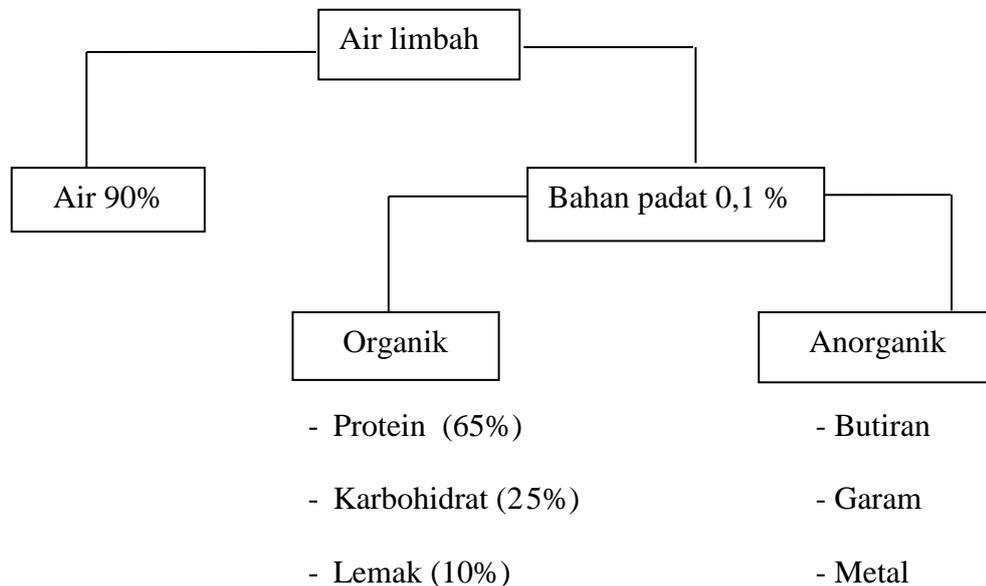
berasal dari proses perendaman kedelai serta proses pemisahan jonjot-jonjot tahu. Limbah yang dihasilkan terdiri dari limbah cair dan limbah padat.

- a. Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau percetakan tahu. Limbah yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya mikroorganisme.
- b. Limbah padat berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai. Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu dapat diolah kembali menjadi oncom atau dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak, seperti ayam, bebek, sapi, kambing dan sebagainya.³²

2. Kandungan Limbah Cair Tahu

Air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan waktu. Akan tetapi secara garis besar zat-zat yang terdapat dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada gambar 2.1.

³² Mumpuni Cyntia Pratiwi, "Pemanfaatan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu", (*Skripsi*), (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2010), h. 8.



Gambar 2.2. Diagram Pengelompokkan Bahan yang Terkandung dalam Limbah³³

Kedelai sebagai bahan baku tahu, mengandung protein (34,9%), karbohidrat (34,8%), lemak (18,1%) dan bahan-bahan nutrisi lainnya. Akibatnya, limbah cair yang dihasilkan dapat mengandung bahan organik yang tinggi. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu memiliki karakteristik berupa pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), amonia, dan nitrat yang masih melebihi baku mutu air limbah.³⁴

Sumber bahan pencemar dalam limbah cair tahu ada dalam bentuk organik dan anorganik misalnya nitrogen (N) total, amonia (NH₃), nitrit (NO₂⁻) dan nitrat

³³ Marhadi, "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur", *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, Vol. 16, No. 1, (2016), h. 60.

³⁴ Firda Lutfiatul Fitria, dkk., "Penngolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) untuk Menurunkan Kadar Amonium dan BOD pada BED Evapotranspirasi", *Jurnal Purifikasi*, Vol. 16, No. 2, (2016), h. 79.

(NO₃⁻). Kandungan N-total dalam limbah cair tahu cukup tinggi bahkan mencapai 93,700 mg/l. N-total adalah gambaran N dalam bentuk organik dan anorganik pada air limbah. Baku mutu limbah cair industri tahu untuk kadar N-total adalah 20 mg/l, bila kandungannya berada di atas baku mutu maka limbah dikategorikan tercemar N. Tingginya N di dalam badan perairan akan menyebabkan pengaruh negatif yaitu menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air dan terjadinya polusi udara karena menimbulkan bau yang busuk oleh hasil proses amonifikasi N menjadi NH₃.³⁵

3. Parameter Pencemaran Limbah Cair Tahu

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas.³⁶

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Usaha Kedelai (Tahu)³⁷

Parameter	Tahu
BOD	150 mg/L
COD	300 mg/L
TSS	200 mg/L
pH	6-9

³⁵ Irma Yuni, dkk., "Kajian Efektifitas Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Mereduksi N-Total sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Tahu", *JOM FMIPA*, Vol. 1, No. 2 (2014), h. 284.

³⁶ Tahu Agung R dan Hanry Sutan Winata, "Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma", *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 2, No. 2, (2010), h. 20.

³⁷ Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. *Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai*. No 15 Tahun 2014.

Parameter kualitas limbah cair tahu antara lain sebagai berikut:

a. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan (mengoksidasikan) bahan organik yang dapat menunjukkan banyaknya zat organik yang terkandung dalam suatu limbah. BOD (*Biological Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi.³⁸

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin

³⁸ Rika Nurkemasari, dkk., "Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka dengan Menggunakan Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)", *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 1, No. 2, (2013), h. 3.

banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya.³⁹

b. pH

pH merupakan salah satu pengukuran yang sangat penting dalam berbagai cairan proses (industri, farmasi, manufaktur, produksi makanan dan sebagainya). pH adalah pengukuran Ion Hidrogen dalam suatu larutan. Larutan dengan harga pH rendah dinamakan “asam” sedangkan yang harga pH nya tinggi dinamakan “basa”. Skala pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat) dengan 7 (netral) adalah harga tengah mewakili air murni. pH untuk air terkontaminasi adalah 8. Nilai ini menyatakan bahwa pH air bersifat alkalis, pH alkalis sangat mendukung untuk terjadinya laju dekomposisi pada suatu perairan.⁴⁰

c. Suhu

Parameter ini sangat diperlukan dalam penentuan karakter limbah, karena menyangkut kecepatan reaksi dan pengaruhnya terhadap kelarutan suatu gas dan bau. Beberapa jenis bakteri populasinya dipengaruhi oleh suhu dari limbah, dan organisme perairan sangat peka terhadap perubahan suhu air. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air

³⁹ Mika Septiawan Muhajir, “Penurunan Limbah Cair BOD dan COD pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*) dengan Sistem *Constructed Wetland*”, *Skripsi*, (Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2013), h. 10.

⁴⁰ Bambang Suharto, dkk., “Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr *Leahate* Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dan Zeolit”, *Jurnal AGROINTEK*, Vol. 5, No. 2, (2011), h. 137.

sehingga mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen dan menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba.⁴¹

Limbah yang mempunyai temperatur panas akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperatur alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar daripada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah.⁴²

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan sehingga nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS.⁴³

Padatan tersuspensi (TSS) suatu sampel air adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu, biasanya dinyatakan dalam mg/L atau ppm. TSS (*Total Suspended Solid*) yang tinggi menghalangi masuknya sinar

⁴¹ Arie Herlambang, "Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya", *JAI*, Vol. 2, No. 1, (2006), h. 17.

⁴² Mika Septiawan Muhajir, ..., *Skripsi*, (Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2013), h. 9.

⁴³ Mika Septiawan Muhajir, ..., *Skripsi*, (Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2013), h. 12.

matahari ke dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis, menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas ke dalam air oleh tanaman. Turunnya oksigen terlarut dalam air yang mengganggu ekosistem akuatik. Selain itu, apabila jumlah materi tersuspensi ini mengendap, maka pembentukan lumpur dapat mengganggu aliran serta menyebabkan pendangkalan.⁴⁴

e. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. Disebut juga kebutuhan oksigen kimiawi, merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (misal kalium dikhormat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air. Jika kandungan senyawa organik maupun anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol, sehingga tumbuhan air, ikan-ikan, hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup.⁴⁵

C. Genjer (*Limnocharis flava* L.)

Genjer merupakan tanaman yang tumbuh di rawa atau kolam berlumpur yang banyak airnya. Tanaman genjer merupakan tanaman asli wilayah tropis dan subtropis Amerika. Warna daunnya hijau dengan lapisan lilin sehingga terlihat

⁴⁴ Tati Ruhmawati, dkk., "Penurunan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi", *Jurnal Pemukiman*, Vol.12, No. 1, (2017), h. 26.

⁴⁵ Muhammad Sami, "Penyisihan COD, TSS dan pH dalam Limbah Cair Domestik dengan metode *Fxed-BED Column Up Flow*", *Jurnal Reaksi*, Vol. 10, No. 2, (2012), h. 3.

mengkilat. Di berbagai daerah, genjer dikenal dengan sebutan haleyo (Batak), eceng (Melayu), genjer, saber (Sunda) dan centongan (Jawa).⁴⁶

Gerjer merupakan herba air tahunan yang dapat mencapai tinggi ½ m dan memiliki rimpang tebal dan tegak, terbenam dalam lumpur. Batang tegak lurus, berbentuk bundar, tidak berkayu dan berwarna hijau. Daun tegak atau miring, tangkainya panjang dan berlubang, bentuk helaiannya bervariasi, susunan tulang daun melengkung. Bunga majemuk terdapat di ketiak daun, berbentuk payung, terdiri atas 3-15 kuntum, mahkota berwarna kuning, kelopak berwarna hijau. Buah semu dengan biji bulat, kecil dan berwarna hitam.⁴⁷

Tanaman genjer merupakan tanaman yang mempunyai daun termasuk kategori daun lengkap. Tunggal, roset akar, bertangkai persegi, lunak, panjang 15-25 cm, helai daun lonjong, memiliki ujung daun meruncing dengan pangkal yang tumpul, tepi daun rata, panjang 5-50 cm, lebar 4-25 cm, pertulangan daun sejajar, dan berwarna hijau. Batang tanaman genjer memiliki panjang 5-75 cm, tebal, berbentuk segitiga dengan banyak ruang udara, terdapat pelapis pada bagian dasar. Berdasarkan pada letaknya, bunga pada tanaman genjer ini terdapat di ketiak daun, majemuk, berbentuk payung, terdiri dari 3-15 kuntum, kepala putik bulat, ujung melengkung ke arah dalam, dan berwarna kuning.⁴⁸

⁴⁶ Jacob AM, Abdullah A, Rusydi R., "Karakteristik Mikroskopis dan Komposisi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dari Situ Gede Bogor", *Jurnal Sumberdaya Perairan*, Vol. 4, No. 2, (2010), h. 1-6.

⁴⁷ Syamsul Hidayat dan Rodame Napitupulu, *Kitab Tumbuhan Obat*, (Jakarta: Penebar Swadaya, 2015), h. 137.

⁴⁸ Ishak Isa, dkk., "Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L) sebagai Akumulator Logam Pb dan Cu", *Laporan Penelitian*, (Gorontalo: Universitas Gorontalo, 2014), h. 12.

Klasifikasi dari tanaman genjer menurut Plantamor (2008) adalah sebagai berikut.⁴⁹

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Alismatales
Famili	: Limnocharitaceae
Genus	: <i>Limnocharis</i>
Spesies	: <i>Limnocharis flava</i> L.



Gambar 2.3 Tanaman Genjer⁵⁰

Tanaman Genjer merupakan tanaman rumput liar yang tumbuh di lingkungan berair. Penelitian fitoremediasi yang menggunakan genjer pernah dilakukan dimana hasilnya menunjukkan bahwa genjer mampu secara efektif menurunkan kadar logam berat timbal (Pb), BOD, COD, DO, TTS, sulfat, dan fosfat di perairan tercemar oleh limbah.⁵¹

⁴⁹ Plantamor, *Informasi Spesies*, <http://www.plantamor.com>, (2008), (Diunduh 09 Desember 2017).

⁵⁰ Dokumen Peneliti

⁵¹ Priyanti, Etyun Yunita, Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn), *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. (2013), h. 283-289.

D. Pencemaran Air

Pencemaran air, yaitu masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tidak lagi berfungsi sesuai peruntukannya.⁵² Air sesungguhnya merupakan sumber daya alam yang dipergunakan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain.

Pencemaran air terjadi ketika energi dan bahan-bahan yang dirilis, menurunkan kualitas air untuk pengguna lain. Polusi air mencakup semua bahan limbah yang tidak dapat diurai secara alami oleh air, dengan kata lain apapun yang ditambahkan ke air, ketika melampaui kapasitas air untuk mengurainya, disebut polusi. Polusi dalam keadaan tertentu dapat disebabkan oleh alam, seperti ketika air mengalir melalui tanah dengan keasaman yang tinggi. Tetapi yang lebih sering menyebabkan polusi pada air adalah tindakan manusia yang tidak bertanggung jawab sehingga polutan dapat masuk ke air.⁵³

Air dapat dicemarkan oleh beberapa sumber pencemaran, yaitu:

1. Pencemaran Air Tanah dari Tangki Septik

Salah satu masalah utama dalam pencemaran air tanah yang dapat merembes ke air sumur dan danau atau sungai adalah model atau pola dari

⁵² Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, (Yogyakarta: Kanisius, 2003), h. 12.

⁵³ Silvia Dini, "Evaluasi Kualitas Air Sungai Ciliwung di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2000-2010", *Skripsi*, (Depok: UI, 2011), h. 12.

tangki septik yang sering tidak memenuhi syarat. Tangki septik merupakan sumber bahan pencemar seperti logam-logam, patogen mikroba serta senyawa-senyawa lainnya seperti nitrogen dan klorin.

2. Pencemaran Limbah Industri dan Domestik

Pembuangan limbah industri, sisa insektisida dan sampah domestik, misalnya, sisa detergen, kotoran manusia (*sewage*), kaleng-kaleng dan kontainer-kontainer plastik, seperti gelas-gelas dan botol-botol air minum serta plastik-plastik pembungkus lainnya yang dibuang secara sembarangan telah mencemari air dan lingkungan.

3. Pencemaran oleh Pupuk Pertanian

Pupuk pertanian masuk ke dalam air tanah kemudian ke dalam sungai atau danau dan terakumulasi dalam dasar sungai atau danau yang kemudian menyebabkan eutrofikasi. Eutrofikasi adalah penimbunan mineral yang menyebabkan pertumbuhan alga semakin meningkat atau disebut dengan *blooming*.

4. Pencemaran oleh Residu Pestisida

Penyemprotan pestisida untuk mengendalikan hama-hama tanaman sebagian masuk ke dalam tanah, selokan, sungai, danau dan berakhir ke laut. Residu-residu pestisida ini akan masuk ke dalam tubuh ikan melalui proses bioakumulasi dan akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia. Adanya residu dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan kanker, mutagenik atau teratogenik.⁵⁴

⁵⁴ Dantje Terno Sembel, *Toksikologi Lingkungan*, (Yogyakarta: Andi, 2015), h. 48-51.

E. Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan merupakan Mata Kuliah Keahlian (MKK) yaitu pengetahuan program studi dan profesi menurut program studi pada Fakultas dalam lingkungan Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry, khususnya program studi Pendidikan Biologi.⁵⁵ Mata kuliah ini, umumnya membahas tentang sejarah perkembangan ilmu lingkungan, konsep-konsep dasar mengenai lingkungan dan permasalahan lingkungan, stratifikasi kependudukan, ekologi dalam ilmu lingkungan, ekonomi dan sosial budaya dalam ilmu lingkungan, konsep daya dukung dan daya lenting lingkungan, azas-azas lingkungan, etika lingkungan, sumber daya, pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, pencemaran lingkungan, pemecahan masalah lingkungan dengan pendekatan ekologis, ekonomis dan sosial budaya.⁵⁶

Adapun tujuan dari mata kuliah tersebut adalah untuk memberikan kemampuan kepada mahasiswa dalam:

1. Memahami konsep-konsep dasar mengenai lingkungan.
2. Memahami dan menganalisis permasalahan lingkungan yang ada, baik dalam skala lokal, regional, maupun global.
3. Memahami pentingnya konsep pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dalam menghadapi semua kegiatan yang berkaitan dengan lingkungan.

⁵⁵ Panduan Program S1 dan D3 IAIN Ar-Raniry Tahun Akademik 2008/2009, h. 38.

⁵⁶ Samsul Kamal, *Silabus Ekologi*

4. Mengetahui alternatif pemecahan masalah lingkungan dengan pendekatan ekologis dan sentuhan teknologis.⁵⁷

Penunjang merupakan segala sesuatu baik media yang dapat memudahkan, menguatkan segala sesuatu dalam proses belajar mengajar. Dosen dan guru pasti menginginkan tujuan pengajaran dengan baik dalam proses belajar mengajar, dalam hal ini terdapat komponen yang saling berkaitan satu sama lain, komponen-komponen tersebut adalah pengajar, peserta didik, materi yang diajarkan dan penunjang (Media).⁵⁸

Media adalah suatu sarana komunikasi berupa koran, radio, grafik, gambar atau poster dan lain-lain. Media memiliki peran dalam suatu pembelajaran, karena fungsi, manfaat dan jenis-jenis media yang sangat mendukung jalannya proses belajar mengajar. Media pembelajaran digunakan sebagai alat bantu dalam menyampaikan informasi pada proses belajar mengajar.⁵⁹

Media memiliki fungsi sebagai alat bantu untuk mengajar yang turut mempengaruhi kondisi dan lingkungan yang belajar. Pentingnya media pembelajaran membawa dan membangkitkan rasa senang dan gembira bagi peserta didik serta menghidupkan pembelajaran.⁶⁰ Media pembelajaran digunakan sebagai alat bantu dalam menyampaikan informasi dalam proses belajar mengajar.

⁵⁷ Samsul Kamal, *Silabus Ekologi*

⁵⁸ Unik Ambar Wati, *Pelaksanaan Pembelajaran yang Kondusif dan Efektif*, Diakses pada tanggal 11 Desember 2017 dari situs <http://staff.uny.ac.id/files/pelaksanaan%20pembelajaran.pdf>.

⁵⁹ Riandi, *Media Pembelajaran Biologi*, diakses pada tanggal 12 Desember 2017 dari situs: <http://file.upi.edu>.

⁶⁰ Azhar Arsyad, *Media Pembelajaran*, (Jakarta: Grafindo Persada, 2006), h. 16.

Salah satu mata kuliah yang memerlukan pendalaman materi melalui kegiatan pembelajaran adalah mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.

Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan merupakan mata kuliah yang tidak di dampingi dengan kegiatan praktikum.⁶¹ Penerapan hasil penelitian sebagai penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan pada materi pencemaran lingkungan khususnya tentang pencemaran di air yang disebabkan oleh limbah, dibuat dalam bentuk modul. Modul merupakan bahan ajar cetak yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh anak didik, dan juga merupakan alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

F. Modul Pembelajaran

Modul merupakan media pembelajaran yang digunakan sebagai alat bantu dalam menyampaikan informasi dalam proses pembelajaran.⁶² Salah satu mata kuliah yang memerlukan pendalaman materi melalui kegiatan belajar mengajar yaitu tentang pencemaran lingkungan di air dan strategi kebijakan lingkungan yang akan digunakan oleh mahasiswa selama berlangsungnya pembelajaran, sehingga modul ini dapat dijadikan sebagai penunjang pembelajaran Ekologi dan Masalah Lingkungan.

⁶¹ Panduan Program S1 dan D3 IAIN Ar-Raniry Tahun Akademik 2013/2014, h. 38.

⁶² Suhardjono, *Pedoman Penyusun Karya Ilmiah di Bidang Pendidikan Pengembangan Profesi*, (Jakarta: Depdikbud, 2005), h. 41.

Format-format dalam pembuatan modul agar bisa digunakan oleh mahasiswa guna memperlancar proses belajar mengajar meliputi:

1. Halaman sampul

Halaman sampul berisi antara lain label kode modul, label milik negara, bidang studi keahlian, kompetensi keahlian, judul modul, gambar ilustrasi, tulisan lembaga seperti Departemen Pendidikan Nasional, dan tahun modul disusun.

2. Kata pengantar

Kata pengantar memuat informasi tentang peran modul dalam proses pembelajaran.

3. Daftar isi

Daftar isi memuat kerangka (*outline*) modul dan dilengkapi dengan nomor halaman.

4. Peta kedudukan modul

Peta kedudukan modul diagram yang menunjukkan kedudukan modul dalam keseluruhan program pembelajaran (sesuai dengan diagram pencapaian pencapaian kompetensi yang termuat dalam KTSP).

5. Glossarium

Glossarium memuat penjelasan tentang arti dari setiap istilah, kata-kata sulit dan asing yang digunakan dan disusun menurut urutan abjad (*alphabetis*).⁶³

⁶³ Dwi Rahdiyanta, *Teknik Penyusunan Modul*, 2005, dari situs http://staf.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian_dr-dwi-rahdiyanta-mpd/20-teknik-penyusunan-modul.pdf, h. 21.

Struktur penulisan modul dibagi dalam tiga bagian, yang terdiri atas:

Bagian Pembuka

1. Judul, judul modul perlu menarik dan memberi gambaran tentang materi yang dibahas.
2. Daftar isi, menyajikan topik-topik yang akan dibahas. Topik-topik tersebut diurutkan berdasarkan urutan kemunculan dalam modul.
3. Peta informasi, untuk memperlihatkan kaitan antar topik-topik dalam modul.
4. Daftar tujuan kompetensi, membantu pembelajar untuk mengetahui pengetahuan, sikap atau keterampilan apa yang dapat dikuasai setelah selesai pembelajaran.⁶⁴

Bagian Inti

1. Pendahuluan/Tinjauan umum materi, dalam pendahuluan dapat disajikan peta informasi mengenai materi yang akan dibahas dan daftar tujuan kompetensi yang akan dicapai setelah mempelajari modul.
2. Uraian materi, merupakan penjelasan terperinci tentang materi pembelajaran yang disampaikan dalam modul.
3. Latihan
4. Rangkuman, merupakan bagian dalam modul yang menelaah hal-hal pokok dalam modul yang telah dibahas.

Bagian Penutup

1. Glossary, berisikan definisi-definisi konsep yang dibahas dalam modul.

⁶⁴ Surya Dharma, *Penulisan Modul*, (Jakarta: Ditjen PMPTK, 2008), h.21-26.

2. Daftar pustaka, sumber foto dan referensi yang menjadi acuan dalam penyusunan materi yang terdapat dalam modul pembelajaran.⁶⁵

G. Penelitian Relevan

Berdasarkan Penelitian Firda Lutfiatul Fitria dan Sarwoko Mangkoedihardjo, (2016) yang berjudul Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) untuk Menurunkan Kadar Amonium dan BOD pada BED Evapotranspirasi menjelaskan fitoremediasi menggunakan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) mampu menurunkan kadar BOD limbah cair tahu pada limbah 75% adalah 96,59% (3371,25 menjadi 115,03 mg/L).⁶⁶ Penelitian tersebut menunjukkan adanya penurunan kadar BOD yang signifikan dengan menggunakan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dalam limbah cair tahu yang telah memenuhi ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2015 tentang baku Mutu Air Limbah, kadar BOD yang telah ditetapkan adalah sebesar 150 mg/L.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Dwi Azrul Disyamto, Shinta Elystia dan Ivnaini Andesgur yang berjudul Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Thypha Latifolia* dengan Proses Fitoremediasi (2014) menyatakan bahwa *Thypha Latifolia* mampu menyisihkan parameter pencemar BOD pada limbah cair tahu, dimana mampu menyisihkan parameter pencemar hingga 84,76 %. Pada proses fitoremediasi dengan tanaman *Thypha Latifolia* ini

⁶⁵ Surya Dharma, *Penulisan Modul ...*, h.21-26.

⁶⁶Firda Lutfiatul Fitria dan Sarwoko Mangkoedihardjo, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) untuk Menurunkan Kadar Amonium dan BOD pada BED Evapotranspirasi", *Jurnal Purifikasi*, Vol. 16, No. 2, (2016), h. 89.

mampu menyisihkan pencemar limbah cair industri tahu, dimana persentase efisiensi penyisihan BOD yang diperoleh pada penelitian ini adalah 42,77-84,76%.⁶⁷

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Pryanti dan Ety Yunita, (2014) yang berjudul Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn), menyatakan bahwa tanaman genjer mampu menurunkan konsentrasi Fe pada perlakuan konsentrasi 3 ppm. Pada konsentrasi tersebut, genjer dapat menurunkan konsentrasi Fe dari 9,72 ppm ke 3,5 ppm dengan persentase penurunan sebesar 63,99%. Adapun kemampuan tanaman genjer mampu menurunkan konsentrasi Mn pada perlakuan konsentrasi 0 ppm. Pada konsentrasi tersebut, genjer dapat menurunkan konsentrasi Mn dari 1,06 ppm ke 0,42 ppm dengan persentase penurunan sebesar 63,21 %.⁶⁸ Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) mampu menyerap logam berat secara signifikan dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Indri Oktoviana, Tengku Abu Hanifah, dan Ganis Fia Kartika, (2015) yang berjudul Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II) menyatakan bahwa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) berpotensi sebagai fitoremediator ion timbal

⁶⁷ Dwi Azrul Disyamto, dkk., "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Thypha Latifolia* dengan Proses Fitoremediasi", *JOM FTEKNIK*, Vol. 1, No. 2, (2014), h. 12.

⁶⁸ Pryanti dan Ety Yunita, "Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn)", *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, (2013), h. 287.

karena memiliki daya untuk menyerap ion Pb pada larutan simulasi. Hasil kadar Pb yang terakumulasi pada tanaman genjer berturut-turut pada hari ke 0; 3; 6 dan 12 hari yaitu 20,45 mg/Kg; 364,98 mg/Kg; 521,64mg/Kg dan 309,01 mg/Kg.⁶⁹ Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan bertamabnya waktu pemaparan, tanaman genjer mampu menyerap ion Pb semakin banyak.

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Maharani Haryati, Tarzan Purnomo, Sunu Kuntjoro, (2012) yang berjudul Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda menjelaskan bahwa biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda berpengaruh terhadap kemampuan tanaman genjer untuk menyerap logam Pb pada media limbah cair kertas. Penyerapan kadar logam Pb tertinggi terjadi pada biomassa 150 gram dan pada waktu pemaparan 21 hari.⁷⁰ Penelitian tersebut menunjukkan biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda berpengaruh terhadap kemampuan tanaman genjer untuk menyerap logam Pb pada media limbah cair kertas.

⁶⁹ Indri Oktoviana, dkk., “Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II)”, *JOM FMIPA*, Vol. 2, No. 2, (2015), h. 6.

⁷⁰ Maharani Haryati, dkk., “Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda”, *Jurnal Lenterabio*, Vol. 1, No. 3, (2012), h. 137.

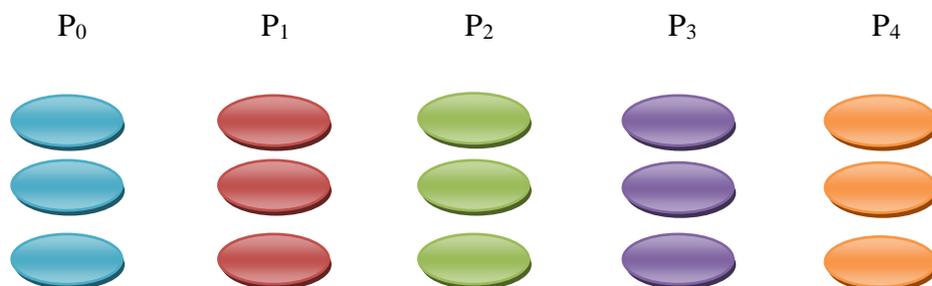
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu mengadakan percobaan untuk melihat pengaruh variabel yang diteliti. Desain percobaan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 5 perlakuan dan 3 kali ulangan, total unit percobaan adalah 15 satuan percobaan.

Perlakuan : Tumbuhan genjer (*Limnocharis flava* L.) yang digunakan dalam penelitian dengan melihat berat tanaman (gram) bukan dari jumlah individu.



Adapun perlakuan yang diberikan sebagai berikut:

1. P₀ = Limbah cair tahu dan tanpa pemberian tanaman genjer (kontrol)
2. P₁ = Limbah cair tahu dengan tumbuhan genjer 50 gram
3. P₂ = Limbah cair tahu dengan tumbuhan genjer 100 gram
4. P₃ = Limbah cair tahu dengan tumbuhan genjer 150 gram
5. P₄ = Limbah cair tahu dengan tumbuhan genjer 200 gram

1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2018 di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry, dan analisis pengukuran pengurangan kadar BOD pada limbah cair tahu dilakukan di Laboratorium FMIPA Kimia Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.

2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.

No	Alat dan Bahan	Fungsi
a. Alat		
1.	Ember plastik	Untuk mengisi limbah cair tahu dan tumbuhan genjer yang digunakan
2.	Timbangan	Untuk menimbang tumbuhan genjer yang digunakan
3.	Botol Winkler	Untuk pemeriksaan kadar BOD dalam limbah cair tahu
5.	Jerigen	Untuk mengisi limbah cair tahu yang diambil dari industri tahu
7.	Kamera digital	Untuk dokumentasi kegiatan penelitian
8.	Lembar observasi	Untuk mencatat pengurangan parameter penelitian
9.	Kertas Label	Untuk memberikan keterangan sampel
b. Bahan		
1.	Limbah cair tahu	Sebagai objek penelitian
2.	Genjer	Sebagai agen fitoremediator untuk mengurangi kadar BOD dalam limbah cair tahu
3.	Alat tulis	Untuk mencatat data penelitian

3. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini menggunakan variabel bebas dan terikat. Variabel bebas berupa fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer

(*Limnocharis flava* L.) sedangkan variabel terikat berupa pengurangan kadar pencemaran air pada limbah cair tahu.

4. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*) dalam limbah cair tahu sebelum dan sesudah dilakukan fitoremediasi.

B. Populasi dan Sampel

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu yang dihasilkan dari salah satu industri tahu di Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu yang diberikan pada media tanam.

C. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lembar observasi untuk mencatat pengurangan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) dalam limbah cair tahu, baik sebelum maupun sesudah penelitian secara fitoremediasi menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.).

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara observasi melalui beberapa tahapan prosedur penelitian. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini terbagi dalam 2 kelompok yaitu: tahap pra-penelitian dan penelitian. Pra-penelitian bertujuan untuk mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian dan penelitian bertujuan untuk mengetahui penurunan

BOD (mg/L) pada limbah cair tahu dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.).

1. Pra-penelitian (Tahap Persiapan)

a. Tahap Persiapan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L.)

Tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil di persawahan, kemudian dilakukan proses aklimatisasi yang dilakukan selama 7 hari atau 1 minggu. Setelah proses aklimatisasi tanaman genjer ditimbang dengan berat 50 g, 100 g, 150 g dan 200 g untuk variasi kebutuhan dalam penelitian. Proses aklimatisasi ini bertujuan agar tumbuhan dapat menyesuaikan diri atau beradaptasi dengan lingkungan baru atau kondisi yang tidak biasa, seperti terhadap perubahan suhu, kelembapan dan intensitas cahaya.

b. Tahap Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair tahu dan tanah, tanah yang digunakan sebanyak 1,5 kg untuk setiap perlakuan, selanjutnya dimasukkan ke dalam ember-ember plastik yang telah disediakan.

c. Tahap Persiapan Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu yang digunakan dalam penelitian ini di ambil di salah satu industri tahu di Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Limbah cair tahu yang diambil menggunakan wadah berupa jerigen dan selanjutnya dibawa ke lokasi penelitian serta diisikan ke dalam ember-ember plastik yang telah disediakan sebanyak 1 L untuk setiap perlakuan.

d. Penelitian

1) Proses Fitoremediasi

Tanaman genjer yang telah di aklimatisasi di pindahkan ke dalam ember-ember plastik yang telah berisi media tanam, yaitu tanah dan limbah cair tahu. Tanaman genjer yang digunakan berdasarkan berat tanaman (gram) yang telah ditentukan.

2) Uji Kadar BOD pada Sampel Larutan Limbah Cair Tahu

Sebelum dan sesudah perlakuan diukur parameter penelitian yaitu: BOD (mg/L). Prosedur pengukuran BOD adalah sebagai berikut:

- a) Mengambil sampel limbah cair tahu dan dimasukkan ke dalam 2 botol Winkler
- b) Salah satu botol Winkler diinkubasi selama 5 hari
- c) Botol Winkler yang tidak diinkubasi ditambahkan 1 mL MnSO_4 dan 1 mL NaOH-KI, lalu ditutup dan dikocok hingga larutan mengendap sampai berubah warna menjadi coklat
- d) Ditambahkan 1-2 tetes H_2SO_4 sampai berwarna kuning, kemudian dihomogenkan
- e) Dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmayer

- f) Titrasi dengan menggunakan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N, dilakukan secara perlahan sampai berubah warna menjadi kuning muda
- g) Ditambahkan larutan kanji (amilum) 1-2 tetes, titrasi dilanjutkan sampai berubah warna bening
- h) Pada botol Winkler yang telah diinkubasi selama 5 hari, kemudian dilanjutkan sama halnya dengan sampel pada botol Winkler yang tidak diinkubasi.

Maka: $\text{BOD mg/L} = (\text{BOD}_0 \text{ Hari} - \text{BOD}_5 \text{ Hari})$.

E. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis sebagai berikut:

1. Tingkat pengurangan kadar BOD (mg/L) dalam limbah cair tahu

Tingkat pengurangan kadar kadar BOD dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer dianalisis menggunakan persentase perubahan dan kemudian dijelaskan secara deskriptif. Rumus % perubahan adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Perubahan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%^{71}$$

Keterangan:

a = nilai konsentrasi parameter tertentu kualitas air pada saat sebelum diolah untuk masing-masing perlakuan.

b = nilai konsentrasi parameter tertentu kualitas air pada saat sesudah diolah untuk masing-masing perlakuan.

⁷¹ Mumpuni Cynthia Pratiwi, "Pemanfaatan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu", *Skripsi*, (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2010), h. 6

Pengaruh perlakuan dengan berbagai berat tanaman genjer yang ditumbuhkan dalam limbah cair tahu terhadap penurunan BOD dianalisis dengan menggunakan ANOVA yang di uji dengan *SPSS*.

Jika analisis varian menunjukkan perbedaan nyata dilakukan uji lanjut, untuk mengetahuinya perbedaan antara 1 perlakuan dengan perlakuan lainnya ditentukan berdasarkan nilai Koefisien Keragaman (KK).

$$KK = \frac{\sqrt{KT_{galat}}}{\tilde{Y}} \times 100\%$$

Keterangan:

KT galat: Kuadrat tengah galat

\tilde{Y} : Rerata seluruh data percobaan

Ketentuannya:

- 1) Apabila KK besar (minimal 10% pada kondisi homogen atau minimal 20% pada kondisi heterogen), uji lanjut yang digunakan adalah Duncan, karena uji ini yang dikatakan yang paling teliti.
- 2) Apabila KK sedang (antara 5% - 10% pada kondisi homogen atau antara 10% - 20% pada kondisi heterogen) uji lanjut yang sebaiknya dipakai uji BNT (Beda Nyata Terkecil) karena uji ini dapat dikatakan juga ketelitian sedang.
- 3) Apabila KK kecil (maksimal 5% pada kondisi homogen atau maksimal 11% pada kondisi heterogen), uji lanjut yang sebaiknya digunakan adalah uji BNJ (Beda Nyata Jujur) karena uji ini tergolong kurang teliti.

Ketentuan:

- a) Jika uji lanjut > nilai uji lanjut tabel maka terdapat perbedaan nyata antara perlakuan.
- b) Jika uji lanjut < nilai uji lanjut tabel maka tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan.

2. Analisis Kelayakan

Untuk mengetahui kelayakan modul pembelajaran uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L) untuk mengurangi kadar pencemaran air sebagai sumber referensi penunjang pembelajaran digunakan rumus uji kelayakan terhadap media pembelajaran adalah sebagai berikut.⁷²

$$P = \frac{\sum \text{Skor Perolehan}}{\sum \text{Skor Maksimum}} \times 100$$

Skor Maksimum = Jumlah pertanyaan yang diajukan x Skor maksimal yang diajukan

Keterangan:

P = Tingkat Kelayakan

Pembagian kategori kelayakan ada lima kategori.⁷³ Pembagian rentang kategori kelayakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pembagian Rentang Kategori Kelayakan

No	Rentang	Kategori Kelayakan
1	< 21	Sangat Tidak Layak
2	21-40	Tidak Layak
3	41-60	Cukup Layak
4	61-80	Layak
5	81-100	Sangat Layak

⁷² Wandu Erhansyah, dkk., "Pengembangan Web sebagai Media Penyimpanan Bahan Ajar dengan Materi Struktur dan Fungsi Jaringan pada Organ Tumbuhan", *Jurnal UNESA*, (2012), h. 24.

⁷³ Wandu Erhansyah, dkk., "Pengembangan Web sebagai Media Penyimpanan Bahan Ajar dengan Materi Struktur dan Fungsi Jaringan pada Organ Tumbuhan", *Jurnal UNESA*, (2012), h. 24.

Skor yang diharapkan dari uji kelayakan didapatkan dengan menggunakan pendapat para ahli atau dosen (*experts judgement*). *Expert Judgement* atau pertimbangan ahli dilakukan melalui diskusi kelompok (*group discussion*). *Group discussion*, adalah suatu proses diskusi yang melibatkan para pakar (ahli) untuk mengidentifikasi masalah analisis penyebab masalah, menentukan cara-cara penyelesaian masalah, dan mengusulkan berbagai alternatif pemecahan masalah dengan mempertimbangkan sumber daya yang tersedia.⁷⁴

⁷⁴ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, (Bandung: ALFABETA, 2010), h. 77.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Tingkat Pengurangan Kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L.)

- a. Pengurangan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.)

Pengurangan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam limbah cair tahu pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar BOD dalam limbah cair tahu. Tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan variasi berat, 50 g untuk (P₁), 100 g untuk (P₂), 150 g untuk (P₃) dan 200 g untuk (P₄) yang ditanam selama 14 hari. Perlakuan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri atas (P₀) sebagai kontrol, (P₁), (P₂), (P₃) dan (P₄) yang diperlakukan atas 3 kali pengulangan.

Berdasarkan hasil pemeriksaan tingkat pencemaran air pada limbah cair tahu dengan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) sebelum dan sesudah dilakukan penelitian secara fitoremediasi dengan menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) menunjukkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengurangan Kadar BOD pada berbagai Variasi Perlakuan

Perlakuan	Ulangan	Sebelum	Sesudah	*baku mutu	Jumlah	Rata-rata
(P ₀) 0	1	232	178,33	150	535,1	178,37
	2	232	178,69	150		
	3	232	178,08	150		
(P ₁) 50	1	232	82,75	150	246,3	82,09
	2	232	81,35	150		
	3	232	82,19	150		
(P ₂) 100	1	232	46,89	150	139,57	46,52
	2	232	46,1	150		
	3	232	46,57	150		
(P ₃) 150	1	232	41,37	150	123,15	41,04
	2	232	40,678	150		
	3	232	41,096	150		
(P ₄) 200	1	232	38,6267	150	114,94	38,31
	2	232	37,9661	150		
	3	232	38,3516	150		

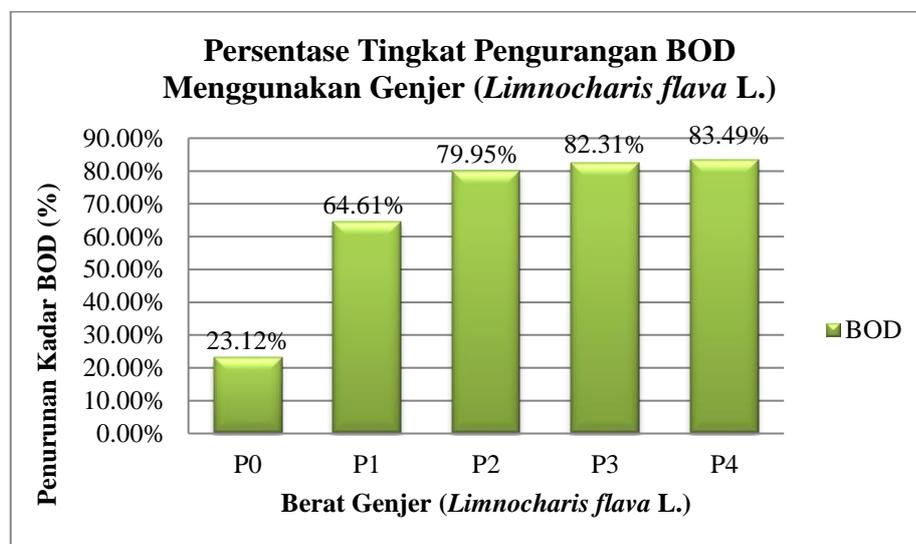
*sumber :Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

Sumber: Data Hasil Penelitian 2018

Tabel 4.1 menunjukkan tingkat pengurangan kadar BOD dalam limbah cair tahu. Tabel tersebut menunjukkan metode fitoremediasi menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L) mampu menurunkan kadar BOD pada perlakuan (P₀) sebagai kontrol dengan rata-rata 178,37 mg/L, (P₁) 50 gram dengan rata-rata 82,1 mg/L, (P₂) 100 gram dengan rata-rata 46,52 mg/L, (P₃) 150 gram dengan rata-rata 41,05 mg/L, dan (P₄) 200 gram dengan rata-rata 38,31 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan penurunan kadar BOD sudah di bawah baku mutu yang telah ditetapkan. Namun untuk perlakuan (P₀) sebagai kontrol yang tanpa penggunaan tanaman genjer masih di atas baku mutu.

- b. Persentase tingkat pengurangan kadar BOD dalam Limbah Cair Tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.)

Hasil persentase tingkat pengurangan kadar BOD dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk masing-masing perlakuan dengan berbagai variasi berat (gram), (P₁) 50 gram, (P₂) 100 gram, (P₃) 150 gram, (P₄) 200 gram dan (P₀) sebagai kontrol dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar 4.1 Persentase Tingkat Pengurangan BOD Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.)

Gambar 4.1 menunjukkan persentase tingkat pengurangan kadar BOD dalam limbah cair tahu menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.). Dari diagram tersebut terlihat bahwa persentase penurunan kadar BOD paling tinggi pada perlakuan P₄ sebesar 83,49%, sedangkan untuk penurunan BOD berturut-turut dari tertinggi sampai terendah untuk 5 perlakuan P₄, P₃, P₂, P₁ dan P₀ adalah sebesar 83,49%, 82,31%, 79,95%, 64,61% dan 23,12%.

c. Uji hipotesis

Hasil penelitian pengaruh perlakuan dengan berbagai bobot tubuh tanaman genjer (*Limnocharis flava* L) terhadap penurunan kadar BOD dalam limbah cair tahu dianalisis menggunakan uji Anova satu arah (*One Way Anova*) menggunakan SPSS versi 16. Data yang ada terlebih dahulu diuji homogenitas variannya dan didapatkan $p\text{-value} = 0,556$ (lampiran 5), sehingga $p\text{-value} > 0,05$ yang artinya varians bersifat homogen. Maka dari itu telah memenuhi syarat untuk dilanjutkan dianalisis menggunakan uji Anova *One Way*.

Uji Anova *One Way* dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan rata-rata penurunan kadar BOD pada berbagai berat genjer (*Limnocharis flava* L.) yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Anova Penurunan Kadar BOD dengan Berbagai Berat Genjer (*Limnocharis flava* L.)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	F 0,05	Sig.
Between Groups	42057.44	4	10514.359	53267.21**	3,478	.000
Within Groups	1.974	10	.197			
Total	42059.41	14				

Keterangan: **Sangat Nyata

Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan data menggunakan *Analisis Of Varian* (ANOVA) adalah nilai $F_{hitung} = 53267.21$ jika dibandingkan dengan tabel daftar distribusi F. Nilai F_{hitung} lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ (5%) pada derajat bebas (df) 4 dan 10 sehingga $F_{tabel} = 3,478$. Dengan demikian $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $p(0,000) < 0,05$ pada perlakuan, artinya H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh berat tanaman genjer

(*Limnocharis flava* L.) terhadap penurunan kadar BOD dalam limbah cair tahu, atau berbagai berat genjer (*Limnocharis flava* L.) berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar BOD. Dari koefisien keragaman (KK) didapatkan nilai 0,57%. Nilai KK yang dihasilkan kurang dari 5%, maka dilanjutkan dengan menggunakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur).

Hasil perhitungan menggunakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) yaitu 1,19 (lampiran 5). Nilai ini akan dibandingkan dengan rata-rata yang ada pada hasil pengukuran pengurangan kadar BOD. Apabila hasil rata-rata mendekati nilai BNJ maka tidak mengalami perbedaan yang signifikan, namun apabila rata-rata memiliki perbedaan yang besar dengan nilai BNJ maka terjadi perbedaan yang signifikan pada pengujian tersebut.

Tabel 4.3 Hasil Uji BNJ (Beda Nyata Jujur) Penurunan Kadar BOD dengan Berbagai Berat Genjer (*Limnocharis flava* L.)

Perlakuan	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
P ₄	3	38,3148				
P ₃	3		41,0510			
P ₂	3			46,5245		
P ₁	3				82,1021	
Kontrol	3					178,3699
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 4.3 memperlihatkan bahwa berdasarkan uji BNJ (Beda Nyata Jujur), terdapat lima perlakuan yang berada dalam subset yang berbeda. Pengaruh metode fitoremediasi menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L) dengan perlakuan P₁, P₂, P₃, P₄ dan kontrol terdapat pengaruh perbedaan nyata dalam menurunkan kadar BOD dalam limbah cair tahu.

2. Pemanfaatan Hasil Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Hasil uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) yang telah diperoleh dari hasil penelitian dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa baik secara teoritis maupun praktikum. Pemanfaatan hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran dengan cara menyediakan informasi hasil penelitian dalam bentuk modul pembelajaran yang dapat menjadi referensi bagi mahasiswa untuk memperoleh pengetahuan dan wawasan tentang metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar pencemaran air yang khususnya dengan metode fitoremediasi menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.). Modul pembelajaran yang dibuat berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam pembelajaran mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan dalam menambah pengetahuan mahasiswa mengenai metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar pencemaran air.

Modul pembelajaran tentang uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air berisi kata pengantar, bagian pembuka, bagian inti dan bagian penutup berdasarkan hasil penelitian. Cover modul dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Cover Modul Pembelajaran

DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	iii
I. Kompetensi Dasar	1
II. Indikator	1
III. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	2
IV. Uraian Materi	2
A. Fitoremediasi	2
1. Definisi fitoremediasi	2
2. Tahap-tahap fitoremediasi	4
3. Kelebihan dan kekurangan fitoremediasi	7
B. Limbah Cair Tahu	8
1. Definisi limbah cair tahu	8
2. Kandungan limbah cair tahu	10
3. Parameter pencemar limbah cair tahu	12
C. Genjer (<i>Limnorcharis flava</i> L.)	18
D. Hasil Penelitian Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (<i>Limnorcharis flava</i> L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan	22
1. Tingkat penyerapan tanaman genjer (<i>Limnorcharis flava</i> L) untuk mengurangi kadar BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>) dalam limbah cair tahu	22
V. Latihan	36
VI. Rangkuman	39
LEMBAR KERJA	42
GLOSSARY	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	54
RIWAYAT HIDUP PENULIS	62

Gambar 4.3 Daftar Isi Modul Pembelajaran

3. Kelayakan Modul Pembelajaran Uji Fitoremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Kelayakan modul pembelajaran uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan dilakukan dengan uji kelayakan atau validasi. Kelayakan modul pembelajaran uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan dapat dilihat dari hasil uji produk penelitian yang dilakukan oleh beberapa validator. Hasil uji kelayakan modul pembelajaran oleh validator dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Validasi Modul Pembelajaran

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor	
		V1	V2
Komponen Kelayakan Isi			
Cakupan Materi	1. Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran	4	4
	2. Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran	4	3
	3. Kejelasan materi	4	4
Keakuratan Materi	4. Keakuratan fakta dan data	4	3
	5. Keakuratan konsep atau teori	4	4
	6. Keakuratan gambar atau ilustrasi	3	4
Kemutakhiran Materi	7. Kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini	4	3
Komponen Kelayakan Penyajian			
Teknik Penyajian	8. Konsistensi sistematika sajian	4	4
Pendukung Penyajian	9. Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep	4	4
	10. Keseuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi	3	3

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor	
		V1	V2
Materi	11. Ketepatan pengetikan dan pemilihan Gambar	3	3
Komponen Kelayakan Kegrafikan			
Artistik dan Estetika	12. Komposisi buku sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran	4	3
	13. Penggunaan teks dan grafis proporsional	3	3
	14. Kemenarikan layout dan tata letak	3	3
Pendukung penyajian materi	15. Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca	4	4
	16. Produk bersifat informatif kepada pembaca	4	4
	17. Secara keseluruhan produk buku saku ini menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca	4	3
Komponen Pengembangan			
Teknik penyajian	18. Konsistensi sistematika sajian dalam bab	4	3
	19. Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep	4	3
	20. Koherensi substansi antar bab	4	4
	21. Keseimbangan substansi antar bab	4	4
Pendukung penyajian materi	22. Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi	3	3
	23. Adanya rujukan atau sumber acuan	4	4
Total skor keseluruhan		86	80
Rata-rata		83	

V = Validator

Hasil rata-rata dari kedua validator selanjutnya diformulasikan ke dalam rumus uji kelayakan, dengan formulasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\sum \text{Skor Perolehan}}{\sum \text{Skor Maksimum}} \times 100 \\
 &= \frac{83}{92} \times 100 \\
 &= 90,2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan formulasi di atas, menunjukkan hasil uji kelayakan modul pembelajaran oleh validator diperoleh skor total 90,2. Nilai tersebut didapatkan setelah mencari rerata dari beberapa validator. Hal ini menunjukkan bahwa modul pembelajaran Uji Fitoremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer

(*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi Kadar Pencemaran Air sangat layak dijadikan sebagai salah satu referensi pembelajaran.

B. Pembahasan

Parameter uji penurunan kadar limbah cair tahu meliputi BOD yang menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) dengan metode fitoremediasi. Penentuan nilai BOD pada percobaan ini adalah dengan menggunakan metode titrasi winkler yang secara umum banyak digunakan untuk menentukan kadar oksigen terlarut. Prinsip metode winkler adalah oksigen di dalam sampel akan mengoksidasi $MnSO_4$ yang ditambahkan ke dalam larutan pada keadaan alkalis, sehingga terjadi endapan MnO_2 . Penambahahan asam sulfat dan kalium iodida menyebabkan dibebaskannya iodin yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodin yang dibebaskan tersebut kemudian dianalisis dengan metode titrasi iodometri dengan larutan standard tiosulfat dan indikator kanji.

Berdasarkan hasil pengukuran BOD pada limbah cair tahu sebelum perlakuan menunjukkan di atas ambang baku mutu limbah tahu dan belum layak di buang langsung ke perairan. Kualitas air merupakan pencerminan kandungan konsentrasi makhluk hidup, energi, zat-zat, atau komponen lain yang ada dalam air. Limbah cair mempunyai efek negatif bagi lingkungan karena mengandung zat-zat beracun yang mengganggu keseimbangan lingkungan dan kehidupan makhluk hidup yang terdapat di dalamnya.⁷⁵

⁷⁵Sutapa, "Lumpur Aktif: Alternatif Pengolah Limbah Cair", *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan*, No. 3, (1999), h. 25-38.

Limbah cair tahu yang dibuang terus-menerus ke sungai atau perairan lainnya tanpa pengolahan terlebih dahulu akan semakin menurunkan kualitas kehidupan biota air, meningkatkan perkembangan mikroorganisme patogen dalam air, dan menurunnya pemanfaatan air untuk konsumsi serta kebutuhan sanitasi yang kemudian dikhawatirkan akan berdampak terhadap derajat kesehatan masyarakat. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan limbah cair tahu sebelum dibuang ke lingkungan.

Allah SWT berfirman di dalam Al-Qur'an Surah Ar-Ra'd ayat 11

لَهُ مُعَقِّبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ ۗ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ ۗ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ ۗ مِنْ وَّالٍ ﴿١١﴾

Artinya: “Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada mereka sendiri”. (QS. Ar-Ra'd: 11).

Berdasarkan ayat di atas maka sudah menjadi kewajiban kita untuk menjaga kelestarian alam ini, menjaga baku mutu air limbah dan menjaga ekosistem yang ada di dalamnya serta memiliki kepekaan untuk menanggulangi lingkungan yang telah tercemar sehingga kembali ke keadaan semula.

1. Tingkat Pengurangan Kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L.)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air, dilakukan pengukuran pada kadar BOD yang terkandung dalam limbah cair tahu yang dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi awal parameter yang diteliti. Hasil pengukuran kadar BOD yang terkandung dalam limbah cair tahu sebelum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kadar BOD yang dianalisa dengan menggunakan metode titrasi Winkler diperoleh sebesar 232 mg/L. Kadar BOD tersebut telah melampaui baku mutu yang diperbolehkan, yaitu sebesar 150 mg/L.⁷⁶ Oleh karena itu perlu adanya pengolahan limbah cair tahu terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Pengolahan limbah cair tahu dalam penelitian ini dilakukan secara fitoremediasi menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam limbah cair tahu. Tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) yang dipergunakan dalam penelitian dilakukan proses aklimatisasi yang bertujuan agar dapat menyesuaikan diri atau beradaptasi dengan lingkungan baru atau kondisi yang tidak biasa, seperti perubahan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya sebelum ditimbang berdasarkan perlakuan yang digunakan dalam penelitian. Perlakuan dalam penelitian ini

⁷⁶ Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. *Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai*. No 15 Tahun 2014.

menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali pengulangan yang terdiri atas (P₀) sebagai kontrol tanpa pemberian tanaman genjer, (P₁) dengan tanaman genjer 50 g, (P₂) dengan tanaman genjer 100 g, (P₃) dengan tanaman genjer 150 g dan (P₄) dengan tanaman genjer 200 g. Maka diperoleh penurunan kadar BOD yang berbeda-beda pada setiap variasi berat genjer dan pengulangan, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 menunjukkan metode fitoremediasi menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) mampu menurunkan kadar BOD pada perlakuan (P₀) sebagai kontrol dengan rata-rata 178,37 mg/L, (P₁) 50 gram dengan rata-rata 82,1 mg/L, (P₂) 100 gram dengan rata-rata 46,52 mg/L, (P₃) 150 gram dengan rata-rata 41,05 mg/L, dan (P₄) 200 gram dengan rata-rata 38,31 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan penurunan kadar BOD sudah di bawah baku mutu yang telah ditetapkan. Namun untuk perlakuan (P₀) sebagai kontrol yang tanpa penggunaan tanaman genjer masih di atas baku mutu.

Persentase tingkat pengurangan kadar BOD pada limbah cair tahu dapat dilihat pada gambar 4.1. Gambar tersebut menunjukkan persentase tingkat pengurangan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) paling tinggi pada perlakuan P₄ sebesar 83,49%, sedangkan untuk persentase BOD berturut-turut dari tertinggi sampai terendah untuk 5 perlakuan P₄, P₃, P₂, P₁ dan P₀ adalah sebesar 83,49%, 82,31%, 79,95%, 64,61% dan 23,12%.

Perbedaan tingkat pengurangan kadar BOD yang terjadi selama proses fitoremediasi dikarenakan penggunaan tanaman genjer dengan berbagai variasi berat yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan berat tanaman sangat

mempengaruhi penurunan kadar BOD dalam limbah cair tahu. Semakin berat tanaman, maka proses penguraian parameter-parameter pencemar organik dapat berlangsung lebih baik sehingga kadar BOD yang dihasilkan juga semakin rendah.

Tingginya kadar BOD dalam suatu limbah cair menggambarkan tingginya kandungan bahan organik dalam limbah cair tersebut, yang mengakibatkan oksigen terlarut dalam limbah cair semakin rendah.⁷⁷ Oleh karena itu, pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode fitormediasi dengan genjer (*Limnocharis flava* L.) dapat mengurangi kandungan bahan organik dalam limbah, sehingga dapat meningkatkan oksigen terlarut dan menyebabkan kadar BOD semakin menurun.

Uji hipotesis hasil penurunan kadar BOD pada limbah cair tahu telah dianalisis dengan menggunakan uji Anova satu arah (*One Way Anova*), kemudian dilanjutkan dengan uji BNJ pada taraf 5% (0,05). Dari data yang terdapat pada tabel 4.2 menunjukkan nilai F_{hitung} yaitu 53267,21, dan nilai F_{tabel} pada taraf 5% yaitu 3,478, hal ini menunjukkan nilai yang signifikan dan mempunyai pengaruh perlakuan.

Berdasarkan nilai tersebut dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$, artinya H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh berat tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) terhadap penurunann kadar BOD dalam limbah cair tahu, atau berbagai berat genjer (*Limnocharis flava* L.) berpengaruh nyata terhadap

⁷⁷ Arsil dan Supriyanto, *Pengolahan Limbah Cair dari Industri Pengolahan Tahu secara Biofiltrasi Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)*, <http://iirc.ipb.ac.id>, (2007), (Diunduh 17 September 2018).

penurunan kadar BOD. Selanjutnya dianalisis menggunakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) pada tabel 4.3 menunjukkan terdapat lima perlakuan yang berada dalam subset yang berbeda. Hal ini menunjukkan metode fitoremediasi menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) dengan perlakuan P₁, P₂, P₃, P₄ dan P₀ (kontrol) terdapat pengaruh perbedaan nyata dalam menurunkan kadar BOD dalam limbah cair tahu, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap penurunan kadar BOD.

Penurunan kadar BOD pada penelitian ini terjadi pada setiap perlakuan. Pada perlakuan dengan tambahan genjer, penurunan kadar BOD cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian tanaman genjer yang cenderung lebih kecil walaupun memiliki pola yang sama. Hal ini terjadi karena tumbuhan uji mempunyai peran yang baik dalam mendukung laju penyerapan unsur hara yang ada, sehingga semakin tinggi aktivitas fotosintesis akan berakibat semakin tinggi pula oksigen terlarut yang dihasilkan yang akan memicu kinerja mikroorganisme dalam meremoval senyawa organik sehingga dapat menurunkan kadar BOD dalam limbah.

Proses penurunan pencemar bahan organik dalam limbah cair dengan menggunakan tumbuhan air berupa genjer (*Limnocharis flava* L.) merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroorganisme yang berada pada tumbuhan tersebut. Mikroorganisme merombak bahan organik yang terdapat di dalam limbah cair tahu berupa (protein, karbohidrat dan lemak) menjadi senyawa sederhana dalam bentuk molekul atau ion yang siap dimanfaatkan oleh tumbuhan genjer (*Limnocharis flava* L.) sebagai unsur hara (nutrien). Proses penguraian

bahan organik oleh mikroorganisme dapat berlangsung karena mengandung oksigen terlarut dari hasil fotosintesis tumbuhan genjer (*Limnocharis flava* L.). Namun pada perlakuan kontrol tanpa menggunakan tumbuhan air berupa genjer (*Limnocharis flava* L.) yang berperan sebagai penghasil oksigen, maka oksigen pada perlakuan kontrol diperoleh dari udara yang masuk ke dalam air melalui proses difusi yang secara lambat akan menembus permukaan air.⁷⁸

Konsentrasi oksigen yang terlarut di dalam air tergantung pada tingkat kejenuhan air itu sendiri, selain itu suhu air juga mempengaruhi konsentrasi oksigen yang terlarut di dalam air serta tekanan udara dapat pula mempengaruhi kelarutan oksigen di dalam air dikarenakan tekanan udara mempengaruhi kecepatan difusi oksigen dari udara ke dalam air.⁷⁹

Nilai BOD juga dipengaruhi oleh adanya tanaman yang menutupi permukaan air limbah. Keberadaan tanaman tersebut dapat menyerap bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Semakin banyak tanaman, maka semakin banyak bahan organik yang terserap dan bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme semakin sedikit. Semakin sedikit bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroba, maka kandungan oksigen dalam air limbah semakin tinggi. Oksigen terlarut dalam air limbah juga semakin banyak karena adanya

⁷⁸ Fika Hariyati, "Efektifitas *Subsurface Flow-Wetlands* dengan Tanaman Eceng Gondok dan Kayu Apu dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus", *Skripsi*, (Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang, 2016), h. 31.

⁷⁹ Mega Masitta, dkk., *Evektivitas Eceng Gondok Terhadap Penurunan Kadar COD dan BOD pada Limbah Industri Kembang GulaLunak*, (Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Pasukan Bogor), h. 8.

suplai oksigen dari hasil fotosintesis tanaman.⁸⁰ Jadi semakin banyak tanaman, maka nilai BOD semakin kecil yang berarti semakin baik kualitas air limbah tersebut.

Hasil penelitian ini menunjukkan berat tanaman genjer sangat berpengaruh terhadap penurunan maksimal kadar BOD dalam limbah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mika Septiawan Muhajir (2013), bahwa semakin kecil berat tanaman akan semakin besar kemungkinan tanaman tersebut akan mati mengakibatkan proses penurunan kadar limbah cair akan terganggu, sehingga jumlah berat tanaman sangat diperlukan untuk menggantikan tanaman yang mati.⁸¹

Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Fachrurrozi yang berjudul Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu (2010) menyatakan bahwa memakai tanaman kayu apu dengan variasi berat tanaman dari 50 gram sampai 250 gram dengan waktu penanaman selama 7 hari dapat menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair tahu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar BOD, COD dan TSS terjadi pada berat 250 gram dengan waktu tinggal optimal adalah 7 hari dapat menurunkan presentase BOD sebesar 91,7%, COD 89,9%, dan

⁸⁰ Mika Septiawan Muhajir, ..., (*Skripsi*), (Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2013), h. 42

⁸¹ Mika Septiawan Muhajir, ..., *Skripsi*, (Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2013), h. 41.

TSS 84,6%. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa tanaman kayu apu hanya dengan berat 50 - 250 gram mampu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS.⁸²

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Toto Heri Sungkowo, dkk., yang berjudul Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi (2015), menyatakan bahwa variasi berat tanaman eceng gondok memberikan pengaruh dalam penyisihan parameter pencemar. Semakin berat tanaman semakin tinggi efisiensi penyisihan parameter pencemar yang diolah.⁸³

Tanaman genjer menyisihkan bahan organik berupa (protein, karbohidrat dan lemak) dalam limbah dengan proses metabolisme dan menggunakan akar. Proses metabolisme mencakup proses penyerapan senyawa organik dan proses fotosintesis. Proses fotosintesis menghasilkan oksigen yang kemudian masuk ke dalam air dan mengoksidasi senyawa organik serta meningkatkan kandungan oksigen pada daerah sekitar perakaran (zona *rhizosphere*).⁸⁴

Zona *rhizosphere* yang kaya akan oksigen terbentuk karena akar tumbuhan akuatik mengeluarkan oksigen diseluruh permukaan rambut akar. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun. Pelepasan oksigen disekitar akar (*rizosfer*) terjadi karena jenis tanaman *hydrophyta* mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara

⁸² Fachrurrozi, "Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu", *Skripsi*, (Yogyakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan, 2010).

⁸³ Toto Heri Sungkowo, dkk., " Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi", *JOM FTEKNIK*, Vol. 2, No. 2, (2015), h. 7.

⁸⁴ Wahyulo, *Mikrobiologi Lingkungan*, (Malang: UMM, 2005)

(*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran.⁸⁵

Tanaman menyerap unsur hara (nutrien) melalui akar atau melalui daun. Proses penyerapan unsur hara melalui akar terjadi jika unsur-unsur tersebut telah berkontak langsung dengan permukaan akar. Penyerapan tersebut melibatkan beberapa proses antara lain, adanya pergerakan ion ke permukaan akar, penimbunan ion dalam akar, pergerakan ion dari permukaan akar ke dalam pembuluh kayu, dan pengangkutan ion dari akar menuju batang dan daun.⁸⁶

Pergerakan ion ke permukaan akar terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara media tumbuh dengan keadaan di dalam akar. Pengangkutan ion ke permukaan akar terjadi melalui tiga mekanisme yaitu: a) difusi melalui larutan tanah, b) dibawa air secara pasif dalam aliran massa menuju akar serta c) gerakan akar yang tumbuh mendekati unsur tersebut. Penimbunan ion dalam akar terjadi ketika ion yang menempel pada permukaan akar berdifusi masuk ke dalam akar melalui dinding sel epidermis menuju membran sel.

Pergerakan ion dari permukaan akar ke dalam pembuluh kayu terjadi karena ion yang telah diserap secara aktif dalam sel epidermis dan korteks bagian luar diangkut ke dalam melintasi endodermis. Dinding sel endodermis disisi radial dan melintangnya memiliki penebalan yang disebut pita kaspari serta dapat

⁸⁵ Tangahu dan Warmadewanthi, "Pengelolaan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem *Constructed Wetland*", *Jurnal Purifikasi*, Vol. 2, No.3, (2001).

⁸⁶ Dwi Endah Lestari, "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Metode Rawa Buatan (*Constructed Wetland*)", *Skripsi*, (Makasar: Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Aluddin Makasar, 2012), h. 41.

mencegah air dan ion mengalir kembali keluar. Pergerakan ion dari permukaan akar ke pembuluh kayu tumbuhan melalui tiga jalan yaitu: 1) pergerakan ion antar vakuola sel yang berfungsi sebagai tempat penampung ion, 2) pergerakan ion dalam sitoplasma, 3) pergerakan melalui ruang bebas dari dinding sel dan kombinasi ketiganya.

Pengangkutan ion dari akar menuju batang dan daun terjadi karena pengangkutan ion-ion dalam cairan tumbuhan pada batang terjadi melalui xylem dan floem. Air yang mengandung ion akan naik dari xylem pada akar, xylem batang kemudian tulang-tulang daun. Proses pergerakan ini adalah pergerakan pasif melalui membran sehingga diperlukan daya dorong untuk mencapai keseimbangan pada kedua sisi membran. Karena tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk ion maka bahan organik mengalami penguraian sehingga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan.⁸⁷

Tahapan tanaman dalam menyerap polutan pada limbah cair industri tahu yaitu, 1) *phytoaccumulation* yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media tanah/air yang berakumulasi disekitar akar tumbuhan, 2) *rhyzofiltration* yaitu proses adsorpsi zat kontaminan oleh akar dengan cara menempel pada akar, 3) *phytostabillization* yaitu penempelan zat-zat kontaminan pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan, 4) *rhyzodegradation* yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroorganisme yang berada disekitar akar tumbuhan, 5) *phytodegradation* yaitu proses tumbuhan menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks diurai menjadi

⁸⁷ Dwi Endah Lestari, ..., *Skripsi*, (Makasar: Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Aluddin Makasar, 2012), h. 42.

bahan yang tidak berbahaya menjadi susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi tumbuhan itu sendiri, 6) proses terakhir *Phytovolazation* yaitu proses menarik zat kontaminan yang tidak berbahaya yang selanjutnya diupkan ke atmosfer.⁸⁸

Pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode fitoremediasi dengan berbagai variasi berat tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) dapat mengurangi kandungan bahan organik dalam limbah, sehingga dapat meningkatkan oksigen terlarut dan menyebabkan kadar BOD semakin menurun. Penurunan kadar BOD juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mendukung penurunan kadar BOD, yaitu suhu lingkungan dan proses pengambilan sampel. Pengukuran sampel BOD harus dilakukan atau dimulai paling lama 2 jam setelah pengambilan sampel (karena proses biologis terus berlangsung dalam botol sampel dan lama inkubasi selama perlakuan limbah juga akan mempengaruhi penurunan BOD secara otomatis).⁸⁹

2. Pemanfaatan Hasil Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Hasil penelitian tentang uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi pembelajaran di matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan pada

⁸⁸ Irhamni, "Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat secara Fitoremediasi", *Tesis*, (Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala, 2009), h. 77-78.

⁸⁹ G Alaerts dan Santika, *Metoda Penelitian Air*, (Surabaya: Usaha Nasional 1984)

materi pencemaran air. Penyediaan referensi pembelajaran bagi mahasiswa dapat dilakukan dengan cara menyediakan informasi hasil penelitian dalam bentuk modul pembelajaran. Harapannya modul yang dibuat berdasarkan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pada matakuliah ekologi dan masalah lingkungan, dengan judul Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air.

Modul tentang Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air dimulai dengan kata pengantar, selanjutnya dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pembuka berisi daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, petunjuk penggunaan modul, kompetensi dasar dan indikator. Bagian inti, dalam hal ini membahas tentang tujuan kegiatan pembelajaran, uraian materi yang berisi pengertian fitoremediasi, tahap-tahap proses fitoremediasi, kelebihan dan kekurangan proses fitoremediasi, parameter pencemaran limbah cair tahu, deskripsi umum tanaman genjer serta tingkat penyerapan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.) terhadap pengurangan kadar BOD dalam limbah cair tahu, latihan dan rangkuman. Adapun bagian penutup dari modul berisi daftar pustaka sebagai referensi yang digunakan, daftar lampiran dan riwayat hidup penulis.

3. Kelayakan Modul Pembelajaran Uji Fitoremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Tahap uji kelayakan modul pembelajaran Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar

Pencemaran Air dilakukan dengan tujuan untuk menilai modul yang telah disusun sehingga akan dihasilkan pembelajaran yang baik dan layak. Uji kelayakan modul Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air dilakukan dengan cara menguji isi dan keterbacaan modul oleh tim ahli yang terlibat, baik itu ahli materi maupun ahli media. Adapun yang dijadikan validator adalah dosen di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dan dosen di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.

Berdasarkan hasil uji kelayakan modul Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air oleh validator diperoleh skor 90,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa modul ini sangat direkomendasikan sebagai salah satu modul pembelajaran yang dapat dijadikan referensi dan sumber belajar dalam mata kuliah ekologi dan masalah lingkungan.

Hal ini sesuai dengan penelitian Dwi Rahayu, dkk (2016), bahwa dengan persentase sebesar 83,64% berdasarkan kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan penggunaan bahasa dan kelayakan kegrafikan dapat diketahui hasil dari validasi modul dengan persentase perolehan validasi ahli materi yang artinya modul pembelajaran kontekstual bermuatan karakter yang dihasilkan memiliki kriteria layak digunakan.⁹⁰ Penelitian sejenis juga dilakukan Selly Epriani Renat,

⁹⁰ Dwi Rahayu, dkk., "Pengembangan Model Pembelajaran Konstektual Bermuatan Karakter pada Mata Pelajaran Kewirausahaan di SMK Cendika Bangsa Kepanjen", *Jurnal Pendidikan Bisnis dan Manajemen*, Vol. 2, No. 3, (2016), h. 228.

dkk (2017) menyatakan bahwa dengan persentase 88.13% menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan telah valid baik dari segi kelayakan isi, kebahasaan, penyajian dan kegrafikan, sehingga layak digunakan.⁹¹

⁹¹ Selly Epriani Renat, dkk., “Pengembangan Modul Dilengkapi Peta Konsep dan Gambar pada Materi dan Keanekaragaman Makhluk Hidup untuk Siswa Kelas VII SMP”, *Bioeducation Jurnal*, Vol. 1, No. 1, (2017), h. 102.

BAB V PENUTUP

A. Simpulan

Hasil penelitian Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Tingkat pengurangan kadar BOD menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) paling tinggi pada perlakuan P₄ sebesar 83,49%, sedangkan untuk penurunan BOD berturut-turut dari tertinggi sampai terendah untuk 5 perlakuan P₄, P₃, P₂, P₁ dan P₀ adalah sebesar 83,49%, 82,31%, 79,95%, 64,61% dan P₀ sebesar 23,12%. Perhitungan data menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($53267.21 > 3,478$) serta hasil uji lanjut BNJ yaitu 1,19.
2. Pemanfaatan uji fitoremediasi pada limbah cair tahu menggunakan genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk mengurangi kadar pencemaran air dibuat dalam bentuk sebuah buku bacaan berupa modul pembelajaran sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.
3. Modul pembelajaran dengan persentase kelayakan (90,2) sangat layak direkomendasi sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar

Pencemaran Air sebagai penunjang mata kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan adalah sebagai berikut:

1. Peneliti mengharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dan membantu meningkatkan pengetahuan mahasiswa dalam proses pembelajaran baik dalam hal teori maupun langsung mempraktekannya di lapangan.
2. Peneliti juga mengharapkan dengan adanya hasil penelitian ini membantu mahasiswa dalam menemukan cara lainnya untuk menanggulangi pencemaran lingkungan.
3. Peneliti juga mengharapkan agar penelitian ini dapat dilanjutkan baik menggunakan tumbuhan yang sama terhadap limbah yang berbeda ataupun dengan tumbuhan yang berbeda terhadap tumbuhan yang sama.
4. Peneliti juga mengharapkan penelitian ini dapat menjadi alternatif pengolahan limbah cair khususnya bagi pelaku usaha yang belum memiliki unit pengolahan limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajeng, Any Bayu dan Putu Wesen. (2013). "Penyisihan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Proses Fitoremediasi". *Jurnal Ilmiah Tehnik Lingkungan*. 5(1): 17-23.
- Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Bima Aksara.
- Arsyad, Azhar. (2006). *Media Pembelajaran*. Jakarta: Grafindo Persada.
- Arsyad, Sitanala dan Ernan Rustiadi. (2008). *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Jakarta: Crestpent Press dan Obor Indonesia.
- Dharma, Surya. (2008). *Penulisan Modul*. Jakarta: Ditjen PMPTK.
- Disyamto, Dwi Azrul, dkk. (2014). "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Thypha Latifolia* dengan Proses Fitoremediasi". *JOM FTEKNIK*. 1(2): 1-11.
- Fachrurrozi. (2010). "Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu". *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan.
- Fitria, Firda Lutfiatul, dan Sarwoko Mangkoedihardjo. (2016). "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) untuk Menurunkan Kadar Amonium dan BOD pada BED Evapotranspirasi". *Jurnal Purifikasi*. 16(2): 78-90.
- Hariyati, Fika. (2016). "Efektifitas *Surbsurface Flow-Wetlands* dengan Tanaman Eceng Gondok dan Kayu Apu dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus". *Skripsi*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Haryati, Maharani. dkk., (2012). "Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda". *Jurnal Lenterabio*. 1(3): 131-138.
- Herlambang, Arie. (2006). "Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya". *JAI*. 2(1) 16-29.
- Hidayat, Syamsul dan Rodame Napitupulu. (2015). *Kitab Tumbuhan Obat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Hidayati, Nuril. (2005). "Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator". *Journal IPB*. 12(1): 35-40.

- Irhamni. (2017). "Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi". *Jurnal Serambi Engineering*. 1(2): 75-84.
- Jacoeb AM, dkk. (2010). "Karakteristik Mikroskopis dan Komposisi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L.) dari Situ Gede Bogor". *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 4(2): 1-6 .
- Kamal, S. (2014.) *Silabus Ekologi dan Masalah Lingkungan Jurusan FITK UIN Ar-Raniry*.
- Khiatuddin. (2003). *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Tegnologi Rawa Buatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kristanto, Philip. (2013). *Ekologi Industri Edisi Kedua*. Yogyakarta: Andi.
- Lestari, Dwi Endah. (2012). "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Metode Rawa Buatan (*Constructed Wetland*)". *Skripsi*. Makasar: Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Aluddin Makasar.
- Mangkoedihardjo, S. dan G. Samudro. (2010). *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Marhadi. (2016). "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur". *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 16(1): 59-67.
- Muhajir, Mika Septiawan. (2013). "Penurunan Limbah Cair BOD dan COD pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*) dengan Sistem *Constructed Wetland*". *Skripsi*. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Nurkemalasar, Rika, dkk. (2013). "Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka dengan Menggunakan Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)". *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. 1(2): 1-12.
- Nusantari, Deiisy L. (2012). "Pengelolaan Air Limbah Rumah Tangga secara Biologis dengan Media Lumpur Aktif". *Jurnal Lingkungan*. 13(6): 454-460.
- Oktoviana, Indri, dkk. (2015). "Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* L.) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II)". *JOM FMIPA*. 2(2): 1-7.
- Panduan Program S1 dan D3 IAIN Ar-Raniry Tahun Akademik 2008/2009.
- Panduan Program S1 dan D3 IAIN Ar-Raniry Tahun Akademik 2013/2014.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. *Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai*. No 15 Tahun 2014.

- Plantamor. (2008). *Informasi Spesies*. <http://www.plantamor.com>.
- Pongtuluran, Yonathan. (2015). *Manajemen Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Pratiwi, Mumpuni Cyntia. (2010). “Pemanfaatan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu”. (*Skripsi*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- R, Tahu Agung dan Hanry Sutan Winata. (2010). “Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma”. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2): 1-11.
- Rahdiyanta, Dwi. (2005). *Teknik Penyusunan Modul*, dari situs <http://staf.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/dr-dwi-rahdiyanta-mpd/20-teknik-penyusunan-modul.pdf>
- Riandi. *Media Pembelajaran Biologi*. diakses pada tanggal 12 Desember 2017 dari situs: <http://file.upi.edu>.
- Ruhmawati, Tati, dkk. (2017) “Penurunan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi”. *Jurnal Pemukiman*. 12(1): 12-30.
- Sami, Muhammad. (2012). “Penyisihan COD, TSS dan pH dalam Limbah Cair Domestik dengan metode *Fxed-BED Column Up Flow*”. *Jurnal Reaksi*. 10(2): 1-11.
- Saupi N, Zakaria dan Bujang J S. (2009). “Analytic Chemical Compositon and Mineral Content of Yellow Velvetleaf (*Limnocharis flava* L.)’s Edible Parts”. *Jurnal of Applied Sciences*. 9(16): 3-12.
- Sidauruk, Lamria dan Patricius Sipayung. (2015). “Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias”. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2(2): 178-186.
- Soegianto, Agoes. (2005). *Ilmu Lingkungan: Sarana Menuju Masyarakat Berkelanjutan*. Surabaya: Airlangga Universitas Press.
- Suastuti, Ni G. A. M Dwi Adhi, dkk. (2015). “Pengolahan Larutan Deterjen dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea crassicaulis*) dalam Sistem *Batch* (Curah) Teraerasi”. *Jurnal Kimia*. 9(1): 122-146.
- Sudjana. (1997). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito Bandung.
- Suhardjono. (2005). *Pedoman Penyusun Karya Ilmiah di Bidang Pendidikan Pengembangan Profesi*. Jakarta: Depdikbud.

- Suharto, Bambang, dkk. (2011). "Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr *Leahate* Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dan Zeolit". *Jurnal AGROINTEK*. 5(2): 121-146.
- Sungkowo, Toto Heri, dkk. (2015). "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha Latifolia* dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi". *JOM FTEKNIK*. 2(2): 1-15.
- Suprapti, M. Lies. (2005). *Pembuatan Tahu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutapa. (1999). "Lumpur Aktif: Alternatif Pengolah Limbah Cair". *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan*. 3.
- Tafsir Ibnu Katsir. (2004). Volume 6. Bogor: Pustaka Imam Syafi'i.
- Tangahu dan Warmadewanthi. (2001). "Pengelolaan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem *Constructed Wetland*". *Jurnal Purifikasi*. 2(3): 22-43.
- Wahyulo. (2005). *Mikrobiologi Lingkungan*. Malang: UMM.
- Wahyuni, Eka. (2016). "Tingkat Toksisitas Limbah Cair Pabrik Tahu terhadap Pertumbuhan dan Kadar Protein Biji Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.)". *Skripsi*. Kendari: Universitas Halu Oleo.
- Yola D. Putri. (2014). "Pemanfaatan Tanaman Eceng-Ecengan (Ponteridaceae) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Krom". *IJPST*. 1(1): 26-33.
- Yuni, Irma, dkk. (2014). "Kajian Efektifitas Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Mereduksi N-Total sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Tahu". *JOM FMIPA*. 1(2): 283-290.
- Yunita, Priyanti Ety. (2013). "Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava* L.) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn)". *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY
Nomor : B-908/ Un.08/FTK/KP.07.6/01/2018
TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

- Menimbang** : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;
- b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai Pembimbing Skripsi.
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Sistem Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
8. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
9. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;
10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011, tentang Penetapan Intitut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
11. Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Memperhatikan** : Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 17 Januari 2018.

MEMUTUSKAN

Menetapkan :
PERTAMA : Menunjuk Saudara:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Eva Nauli Taib, M. Pd | Sebagai Pembimbing Pertama |
| 2. Muslich Hidayat, M. Si | Sebagai Pembimbing Kedua |

Untuk membimbing Skripsi :

Nama : **Nina Devita Sari**
NIM : **140207041**
Program Studi : **Pendidikan Biologi**
Judul Skripsi : **Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan**

- KEDUA** : Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut diatas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2018;
- KETIGA** : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2017/2018;
- KEEMPAT** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

Ditetapkan di : Banda Aceh
Pada tanggal : 17 Januari 2018

An. Rektor
Dekan,



Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua Prodi Pendidikan Biologi;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telp: (0651) 7551423 - Fax. (0651) 7553020 Situs : www.tarbiyah.ar-raniry.ac.id

Nomor : B- 5349 /Un.08/TU-FTK/ TL.00/05/2018

21 Mei 2018

Lamp : -

Hal : Mohon Izin Untuk Mengumpul Data
Menyusun Skripsi

Kepada Yth.

Di -
Tempat

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh dengan ini memohon kiranya saudara memberi izin dan bantuan kepada:

N a m a : Nina Devita Sari
N I M : 140 207 041
Prodi / Jurusan : Pendidikan Biologi
Semester : VIII
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam.
A l a m a t : Gampong Tumbo Baro, Samahani Aceh Besar

Untuk mengumpulkan data pada:

Pabrik di Lambaro (Aceh Besar) Analisis Sampel di Laboratorium FMIPA Kimia Unsyiah dan Penelitian di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry

Dalam rangka menyusun Skripsi sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry yang berjudul:

Uji Fetoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Ginjer (*Limnocharis flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Demikianlah harapan kami atas bantuan dan keizinan serta kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih.

An. Dekan,
Kepala Bagian Tata Usaha,

M. Saif Farzah Ali

BAG UMUM BAG UMUM

Kode 905



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN KIMIA
UNIT ANALISIS DAN KAJIAN KIMIA
DARUSSALAM BANDA ACEH

SURAT KETERANGAN
No : Ist-009/UAAK/Kim/2018

Laboratorium Instrumentasi Unit Analisis Dan Kajian Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan ini menerangkan bahwa:

N a m a : Nina Devita Sari
N I M : 140 207 041
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam
Prodi/Jurusan : Pendidikan Biologi
Judul Tugas Akhir : Uji Fetoremediasi pada Limbah Cair Tahu menggunakan Ginjer (Limnocharis flava L) untuk Mengurangi Kadar pencemaran Air sebagai Penunjang Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan

Benar mahasiswa yang namanya tersebut diatas telah melakukan penelitian di Laboratorium Instrumentasi Kimia pada tanggal 26 – 30 Juli 2018

Demikianlah Surat Keterangan ini kami perbuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Darussalam, 1 Agustus 2018
Unit Analisis dan Kajian Kimia
Kepala



Dr. Saiful, M.Si
NIP 196909221994121001



LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : labpend.biologi@ar-raniry.ac.id



4 Desember 2018

Nomor : B-79/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/12/2018
Sifat : Biasa
Lamp : -
Hal : Surat Keterangan Bebas Laboratorium

Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas
Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **Nina Devita Sari**
NIM : 140207041
Prodi : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN
Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat : Desa Tumbo Baro, Samahani – Aceh Besar

Benar yang nama yang tersebut diatas telah selesai melakukan penelitian dengan judul *“Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan”* dalam rangka menyelesaikan tugas akhir skripsi pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dan telah menyelesaikan segala urusan administrasi yang berhubungan dengan laboratorium Pendidikan Biologi.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

A.n. Kepala Laboratorium FTK
Pengelola Lab. PBL,


Mulyadi *Mf*

Lampiran 5: Hasil Olah Data Menggunakan RAL, Tabel ANOVA dan Uji Bnj
(Beda Nyata Jujur) Menggunakan SPSS

ANALISIS DATA HASIL PENGAMATAN

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
(P ₀)0	178,3333	178,6942	178,0822	535,1097	178,3699
(P ₁)50	82,7586	81,3559	82,1918	246,3063	82,1021
(P ₂)100	46,8965	46,1017	46,5753	139,5735	46,5245
(P ₃)150	41,3791	40,678	41,096	123,1531	41,0510333
(P ₄)200	38,6267	37,9661	38,3516	114,9444	38,3148
					77,2724667

1. Tabel SPSS Deskripsi Perlakuan Pengurangan Kadar BOD dalam Limbah Cair Tahu

Descriptives

Kadar BOD

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	178.370	.308	.178	177.606	179.134	178.08	178.69
P1	3	82.102	.706	.407	80.349	83.855	81.36	82.76
P2	3	46.525	.400	.231	45.531	47.518	46.10	46.90
P3	3	41.051	.353	.204	40.175	41.927	40.68	41.38
P4	3	38.315	.332	.192	37.490	39.139	37.97	38.63
Total	15	77.272	54.811	14.152	46.919	107.626	37.97	178.69

2. Tabel SPSS Homogenitas varian

Test of Homogeneity of Variances

Kadar BOD

Levene Statistic	df 1	df 2	Sig.
.793	4	10	.556

3. Data SPSS Uji ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	F 0,05	Sig.
Between Groups	42057.44	4	10514.359	53267.21	3,478	.000
Within Groups	1.974	10	.197			
Total	42059.41	14				

$$\tilde{Y} = \frac{77,272}{15} = 5,151$$

$$\begin{aligned} KK &= \frac{\sqrt{KTGalat}}{\tilde{Y}} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{0.197}}{5,151} \times 100\% \\ &= \frac{0,444285}{5,151} \times 100\% \\ &= 0,00575 \times 100\% \\ &= 0,574959\% \end{aligned}$$

4. Data SPSS Uji lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur)

Digunakan uji lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur) karena Koefisien Keragamannya (KK) lebih kecil dari 5%.

$$\begin{aligned} BNJ_{\alpha} &= q_{\alpha (p, dbg)} \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\ &= q_{0,05 (5, 10)} \sqrt{\frac{0,197}{3}} \\ &= (4,66) 0,256 \\ &= 1,19296 \end{aligned}$$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kadar BOD

Tukey HSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	P1	96.26780*	.36276	.000	95.0739	97.4617
	P2	131.84540*	.36276	.000	130.6515	133.0393
	P3	137.31887*	.36276	.000	136.1250	138.5127
	P4	140.05510*	.36276	.000	138.8612	141.2490
P1	Kontrol	-96.26780*	.36276	.000	-97.4617	-95.0739
	P2	35.57760*	.36276	.000	34.3837	36.7715
	P3	41.05107*	.36276	.000	39.8572	42.2449
	P4	43.78730*	.36276	.000	42.5934	44.9812
P2	Kontrol	-131.84540*	.36276	.000	-133.0393	-130.6515
	P1	-35.57760*	.36276	.000	-36.7715	-34.3837
	P3	5.47347*	.36276	.000	4.2796	6.6673
	P4	8.20970*	.36276	.000	7.0158	9.4036
P3	Kontrol	-137.31887*	.36276	.000	-138.5127	-136.1250
	P1	-41.05107*	.36276	.000	-42.2449	-39.8572
	P2	-5.47347*	.36276	.000	-6.6673	-4.2796
	P4	2.73623*	.36276	.000	1.5424	3.9301
P4	Kontrol	-140.05510*	.36276	.000	-141.2490	-138.8612
	P1	-43.78730*	.36276	.000	-44.9812	-42.5934
	P2	-8.20970*	.36276	.000	-9.4036	-7.0158
	P3	-2.73623*	.36276	.000	-3.9301	-1.5424

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Kadar BOD

Tukey HSD^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
P4	3	38.3148				
P3	3		41.0510			
P2	3			46.5245		
P1	3				82.1021	
Kontrol	3					178.3699
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 6: Lembar Kuesioner Penilaian Produk Hasil Penelitian Modul

Pembelajaran Uji Fitoremediasi Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air

I. Identitas Penulis

Nama : Nina Devita Sari
NIM : 140207041
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

II. Pengantar

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh penulis melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan berjudul “Uji Fitoremediasi Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan”.

Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai buku saku tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuesioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu akan dijamin sesuai dengan kode etik dalam penelitian. Penulis menyampaikan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar kuesioner yang diajukan.

Hormat saya,

Nina Devita Sari

III. Deskripsi Skor

1 = Tidak valid

2 = Kurang valid

3 = Valid

4 = Sangat valid

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

- a. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan cara memberi centang (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
- b. Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

1. Komponen Kelayakan Isi

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Cakupan Materi	Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran					
	Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran					
	Kejelasan materi					
Keakuratan Materi	Keakuratan fakta dan data					
	Keakuratan konsep atau teori					
	Keakuratan gambar atau ilustrasi					

Kemutakhiran Materi	Kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini					
Total skor komponen kelayakan isi						

2. Komponen Kelayakan Penyajian

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian					
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep					
Pendukung Penyajian Materi	Keseuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi					
	Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar					
Total skor komponen kelayakan penyajian						

3. Komponen Kelayakan Kegrafikan

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Artistik dan Estetika	Komposisi modul sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran					
	Penggunaan teks dan grafis proporsional					
	Kemenarikan layout dan tata letak					

Pendukung penyajian materi	Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca					
	Produk bersifat informatif kepada pembaca					
	Secara keseluruhan produk modul pembelajaran ini menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca					
Total skor komponen kelayakan kegrafikan						

4. Komponen Pengembangan

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Teknik penyajian	Konsistensi sistematika sajian dalam bab					
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep					
	Koherensi substansi antar bab					
	Keseimbangan substansi antar bab					
Pendukung penyajian materi	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi					
	Adanya rujukan atau sumber acuan					
Total skor Komponen kelayakan pengembangan						
Total skor keseluruhan						

(Sumber: Diadaptasi dari Rahmah (2013))

Aspek Penilaian

81%-100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi
yang dapat digunakan sebagai sumber belajar

61%-80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan

41%-60% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat

21%-40% = Tidak layak untuk direkomendasikan

< 21 % = sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh, Oktober 2018
Validator

.....

Lampiran 6: Lembar Kuesioner Penilaian Produk Hasil Penelitian Modul
Pembelajaran Uji Fitoremediasi Menggunakan Genjer (*Limnocharis
flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air

I. Identitas Penulis

Nama : Nina Devita Sari
NIM : 140207041
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

II. Pengantar

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh penulis melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan berjudul "Uji Fitoremediasi Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan".

Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai buku saku tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuesioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu akan dijamin sesuai dengan kode etik dalam penelitian. Penulis menyampaikan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar kuesioner yang diajukan.

Hormat saya,



Nina Devita Sari

III. Deskripsi Skor

- 1 = Tidak valid
- 2 = Kurang valid
- 3 = Valid
- 4 = Sangat valid

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

- a. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan cara memberi centang (✓) pada kolom skor yang telah disediakan.
- b. Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

1. Komponen Kelayakan Isi

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Cakupan Materi	Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran				✓	
	Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran				✓	
	Kejelasan materi				✓	
Keakuratan Materi	Keakuratan fakta dan data				✓	
	Keakuratan konsep atau teori				✓	
	Keakuratan gambar atau ilustrasi			✓		

Kemutakhiran Materi	Kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini			✓		
Total skor komponen kelayakan isi						

2. Komponen Kelayakan Penyajian

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian				✓	
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				✓	
Pendukung Penyajian Materi	Keseuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			✓		
	Ketepatan penyetikan dan pemilihan gambar			✓		
Total skor komponen kelayakan penyajian						

3. Komponen Kelayakan Kegrafikan

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Artistik dan Estetika	Komposisi modul sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran				✓	
	Penggunaan teks dan grafis proporsional			✓		
	Kemenarikan layout dan tata letak			✓		

Pendukung penyajian materi	Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca				✓	
	Produk bersifat informatif kepada pembaca				✓	
	Secara keseluruhan produk modul pembelajaran ini menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca				✓	
Total skor komponen kelayakan kegrafikan						

4. Komponen Pengembangan

Sub komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/saran
		1	2	3	4	
Teknik penyajian	Konsistensi sistematika sajian dalam bab				✓	
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				✓	
	Koherensi substansi antar bab				✓	
	Keseimbangan substansi antar bab				✓	
Pendukung penyajian materi	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			✓		
	Adanya rujukan atau sumber acuan				✓	
Total skor Komponen kelayakan pengembangan						
Total skor keseluruhan						

(Sumber: Diadaptasi dari Rahmah (2013))

Aspek Penilaian

81%-100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi
yang dapat digunakan sebagai sumber belajar

61%-80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan

41%-60% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat

21%-40% = Tidak layak untuk direkomendasikan

< 21 % = sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh, Oktober 2018

Validator



.....

Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu
Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava L*)
untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air

I. Identitas Penulis

Nama : Nina Devita Sari
NIM : 140207041
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

II. Pengantar

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, penulis melakukan penelitian sebagai salah satu bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan berjudul "Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava L*) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan".

Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai buku monograf tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuesioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu akan dijamin sesuai dengan kode etik dalam penelitian. Penulis menyampaikan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar kuesioner yang diajukan.

Hormat Saya,



Nina Devita Sari

III. Deskripsi Skor

- 1 = Tidak valid
- 2 = Kurang valid
- 3 = Valid
- 4 = Sangat valid

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

- a. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan cara memberi tanda centang (✓) pada kolom skor yang telah disediakan.
- b. Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

1. Komponen Kelayakan Isi

Sub Komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Cakupan Materi	Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran				✓	
	Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran			✓		
	Kejelasan materi				✓	

Keakuratan Materi	Keakuran fakta dan data			✓	✓	
	Keakuran konsep atau teori			✓		
	Keakuran gambar atau ilustrasi			✓		
Kemutakhiran Materi	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu terbaru ilmu pengetahuan saat ini			✓		
Total skor komponen kelayakan isi						

2. Komponen Kelayakan Penyajian

Sub Komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian				✓	
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep				✓	
Pendukung penyajian	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			✓		
	Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar			✓		
Total skor komponen kelayakan penyajian						

3. Komponen kelayakan kegrafikan

Sub Komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Artistik dan Estetika	Komposisi buku sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran			✓		
	Penggunaan teks dan grafis proporsional			✓		
	Kemenarikan layout dan tata letak			✓		
Pendukung penyajian materi	Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca				✓	
	Produk bersifat informatif kepada pembaca				✓	
	Secara keseluruhan produk modul pembelajaran ini menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca			✓		
Total skor komponen kelayakan kegrafikan						

4. Komponen Pengembangan

Sub Komponen	Unsur yang dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian dalam bab			✓		
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep			✓		
	Koherensi substansi antar bab				✓	
	Keseimbangan substansi antar bab				✓	

Pendukung penyajian materi	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			✓	
	Adanya rujukan dan sumber acuan				✓
Total skor komponen kelayakan pengembangan					
Total skor keseluruhan					

(Sumber: Diadaptasi dari Rahmah (2013))

Aspek Penilaian

81%-100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar

61%-80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan

41%-60% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat

21%-40% = Tidak layak untuk direkomendasikan

>21% = Sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh, Oktober 2018

Valdator

Lampiran 7: Foto Kegiatan Penelitian Fitoremediasi Genjer (*Limnocharis flava* L.) terhadap Pengurangan Kadar Pencemaran Air pada Limbah Cair Tahu

Gambar 1

Tempat
pembuangan
limbah cair tahu.



Gambar 2

Lokasi
pengambilan
genjer
(*Limnocharis flava*
L).



Gambar 3

Proses penimbangan tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.).



Gambar 4

Proses aklimatisasi tanaman genjer (*Limnocharis flava* L.).



Gambar 5

Limbah cair tahu.



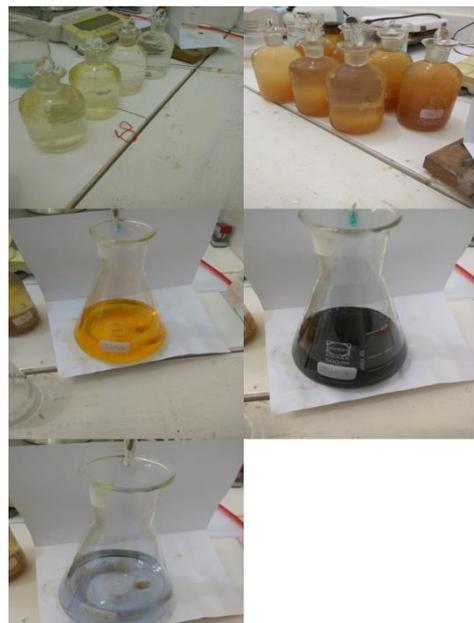
Gambar 6
Pengambilan
limbah cair tahu.



Gambar 7
Penyiraman
tanaman genjer
(*Limnocharis flava*
L.) menggunakan
limbah cair tahu.



Gambar 8
Pengukuran kadar
BOD pada Limbah
Cair Tahu
Menggunakan
metode titrasi
Winkler di
Laboratorium
FMIPA Kimia
Universitas Syiah
Kuala.



RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Nina Devita Sari
Tempat/Tanggal Lahir : Sibreh, 01 Agustus 1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswi
Alamat : Gampong Tumbo Baro, Samahani,
Kecamatan Kuta Malaka, Kabupaten Aceh Besar

Nama Orang Tua

a) Ayah : Sukarni (Alm)
b) Ibu : Erdinur

Riwayat Pendidikan

a) TK : TK Bungong Jeumpa
b) MIN : MIN Jeureula 1
c) MTsN : MTsS Oemar Dyan
d) MAN : MAN Banda Aceh 1
e) Perguruan Tinggi : UIN Ar-Raniry Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Biologi

Banda Aceh, 29 November 2018

Nina Devita Sari