

**FITOREMEDIASI DENGAN WETLAND SYSTEM DAN
PENGEMBANGANNYA SEBAGAI BUKU PANDUAN PRAKTIKUM
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK UNTUK SISWA KELAS X
SMA/MA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Pendidikan Biologi



**disusun oleh
Putri Fajarwati
12680025**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA
2018**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1214/Un.02/DST/PP.00.9/03/2018

Tugas Akhir dengan judul : Fitoremediasi dengan Wetland System dan Pengembangannya sebagai Buku Panduan
Praktikum Pengolahan Air Limbah Domestik untuk Siswa Kelas X SMA/MA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : PUTRI FAJARWATI
Nomor Induk Mahasiswa : 12680025
Telah diujikan pada : Rabu, 21 Februari 2018
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Stiyawati

Eka Sulistyowati, S.Si., M.A.
NIP. 19810705 200801 2 032

Penguji I

Dian Noviar

Dian Noviar, S.Pd., M.Pd.Si.
NIP. 19841117 200912 2 002

Penguji II

Muhammad Wisnu

Muhammad Wisnu, M.Bio.Tech.
NIP. 19810923 000000 1 301

Yogyakarta, 21 Februari 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN



Murtono
Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Putri Fajarwati

NIM : 12680025

Judul Skripsi : Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah Kelas X SMA/ MA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 12 Februari 2018

Pembimbing I

Eka Sulistyowati, S.Si., M.A., M.IWM

NIP. 19810705 200801 2 032



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Putri Fajarwati

NIM : 12680025

Judul Skripsi : Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah Kelas X SMA/ MA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 12 Februari 2018

Pembimbing II

Muhamad Wisnu, M.Biotech

NIP. 19810923 000000 1 301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putri Fajarwati
NIM : 12680025
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: **Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah Kelas X SMA/ MA** adalah benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 15 Februari 2018



menyatakan,

Putri Fajarwati
Putri Fajarwati
NIM: 12680025

MOTTO

“Believe you can, you’re halfway there”

(T. Roosevelt)

“Stop thinking so hard about everything, stop over analyzing. Just go, just do. If it feels right, just go with the flow. If it feels wrong, don’t think about it anymore and walk away”

(Judy Hopps; Zootopia)

“If you can’t make it good, at least make it looks good”

(Bill Gates)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Bapak dan ibu tercinta

Terimakasih telah mendidik dan mengantarkan saya hingga sampai pada titik ini

Almamater kami

Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi berjudul “Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Buku Panduan Praktikum Pengolahan Air Limbah Domestik untuk Siswa Kelas X SMA/ MA” dapat terselesaikan. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW. Terselesaikannya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Perkenankanlah penulis mempersembahkan ucapan terimakasih kepada

1. Bapak Murtono, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Bapak Dr. Widodo, M.Pd. selaku Kepala Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi
3. Ibu Eka Sulistyowati, S.Si., M.A., M.IWM selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Dosen Penasehat Akademik. Terimakasih telah membimbing, memberikan arahan motivasi serta kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Muhamad Wisnu, M. Biotech selaku Dosen Pembimbing II. Terimakasih telah membimbing, memberikan arahan motivasi serta kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Rini Utami, S.Pd di MAN Yogyakarta III, Ibu Dyah Estiningsih, S.Pd di SMA N 1 Banguntapan Bantul dan siswa-siswi SMA N 9 Yogyakarta.

6. Bapak Drs. Suhardi dan Ibu Sukemi. Terimakasih telah mendidik, memotivasi, mendoakan dan memberikan kesabaran untuk anakmu hingga dapat sampai pada titik ini.
7. Mia Hardina, S.Pd., Yusuf Triatmaja dan Ade Arba Ramadhani
8. Iin Inayatun Nadhifah sebagai *partner* penelitian yang selalu mendampingi dan bersama-sama berjuang dalam penyusunan skripsi.
9. Teman-teman seperjuangan Ratri, Izza, Ma'rifa, Nurul, Hana, Yusni, Ika, Tina, Yuni, Halim, Iqbal, Aji, Ulil dan Alif terimakasih telah menjadi keluarga baru, untuk selalu memberikan motivasi dan mendengarkan keluh kesahku.
10. Teman-teman yang membantu kami melakukan penelitian, Fafa, Yusni, Halim, Ulil, Cindy, Hana, dan Arina.
11. Keluarga besar Pendidikan Biologi 2012.
12. Teman-teman KKN (Fanny, Rita, Ticha, Oman, Takbir, Didin dan Ainin)
13. Teman-teman PLP di MAN Yogyakarta III (Erly, Arrum, Hida, Uci, Zain, Bani dan Tri)
14. Teman-teman di Kost Putri Cahaya
15. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan serta semangat selama penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Sleman, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	8
G. Manfaat Penelitian.....	9
H. Asumsi dan Keterbatasan Produk.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Fitoremediasi.....	11
B. <i>Wetland System</i>	12
C. Pencemaran Lingkungan.....	13
D. Metode Pembelajaran Praktikum.....	17

E. Pengembangan Bahan Ajar.....	18
F. Daur Ulang Limbah.....	21
G. Kerangka Berpikir.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian.....	26
B. Prosedur Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian Fitoremediasi dengan <i>Wetland System</i>	40
B. Hasil Penelitian Pengembangan Bahan Ajar.....	56
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	80
CURICULUM VITAE	111

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Aturan Pemberian Skor.....	36
Tabel 2.	Kriteria Penilaian Kategori Ideal.....	37
Tabel 3.	Skala pada Pernyataan Positif dan Negatif.....	38
Tabel 4.	Skala Persentase Respon Siswa.....	38
Tabel 5.	Hasil Pengukuran Kualitas Air Limbah Domestik Dibandingkan Dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Pergub DIY No.7 Tahun 2016.....	40
Tabel 6.	Nilai Suhu Setiap Perlakuan pada Hari ke-12 <i>Treatment</i> Fitoremediasi Dengan <i>Wetland System</i>	47
Tabel 7.	Nilai Ph pada Hari ke-12 <i>Treatment</i> Fitoremediasi Dengan <i>Wetland System</i>	48
Tabel 8.	Sistematika Penulisan Bahan Ajar Praktikum Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Fitoremediasi Dengan <i>Wetland System</i>	58
Tabel 9.	Masukan dan Saran dari <i>Reviewer</i>	60
Tabel 10.	Data Kualitas Bahan Ajar Praktikum.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema Sistem Pengolahan Air Limbah.....	44
Gambar 2.	Kadar TDS Setiap Perlakuan pada Hari ke-12 <i>Treatment</i> Fitoremediasi <i>Wetland System</i>	49
Gambar 3.	Kadar DO Setiap Perlakuan pada Hari ke-12 <i>Treatment</i> Fitoremediasi <i>Wetland System</i>	51
Gambar 4.	Perbandingn Kadar BOD Setiap Perlakuan pada <i>Treatment</i> Hari ke-12.....	53
Gambar 5.	Desain Cover Buku.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Angket Penilaian Ahli Materi.....	75
Lampiran 2.	Angket Penilaian Ahli Media.....	77
Lampiran 3.	Angket Penilaian <i>Peer Reviewer</i> dan Guru Biologi.....	79
Lampiran 4.	Angket Penilaian siswa.....	82
Lampiran 5.	Panduan Wawancara Siswa dan Guru.....	83
Lampiran 6.	Data Hasil Penilaian Kualitas Bahan Ajar oleh Ahli Media, Ahli Materi, <i>Peer Reviewer</i> , Guru Biologi dan Siswa.....	84
Lampiran 7.	Data Penelitian Fitoremediasi Masa Retensi 6&12 Hari.....	87
Lampiran 8.	Dokumentasi Penelitian.....	88
Lampiran 9.	<i>Curriculum Vitae</i>	89

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**FITOREMEDIASI DENGAN WETLAND SYSTEM DAN
PENGEMBANGANNYA SEBAGAI BAHAN AJAR PRAKTIKUM DAUR
ULANG LIMBAH KELAS X SMA/ MA**

Putri Fajarwati
12680025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tumbuhan eceng gondok, genjer dan semanggi sebagai fitoremediator dengan *wetland system* dalam pengolahan air limbah domestik, mengembangkan bahan ajar praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* pada sub bab Daur Ulang Limbah untuk siswa kelas X SMA/MA dan mengetahui kualitas bahan ajar praktikum berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, *peer reviewer*, guru biologi dan siswa. Penelitian dibagi dalam dua tahap, yaitu penelitian fitoremediasi dengan *wetland system* dan penelitian pengembangan bahan ajar untuk mengemas hasil penelitian fitoremediasi dengan *wetland system* dalam bentuk bahan ajar praktikum. Pengembangan bahan ajar praktikum menggunakan model 4D (*define, design, develop, dissemination*) yang dibatasi sampai pada tahap *develop* tanpa *dissemination*. Penelitian fitoremediasi dengan *wetland system* dilakukan dengan mengukur parameter air limbah domestik (suhu, pH, TDS, DO, dan BOD) dan membandingkan hasilnya dengan hasil pengukuran parameter setelah dilakukan *treatment*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan genjer mampu meningkatkan kadar DO air limbah domestik sebesar 50% dan menurunkan kadar BOD sebesar 78%, tumbuhan semanggi mampu menurunkan kadar TDS sebesar 41,4% dan eceng gondok mampu menurunkan kadar BOD sebesar 54%. Hasil penelitian tersebut kemudian dikembangkan dalam bentuk bahan ajar praktikum pengolahan air limbah domestik untuk siswa kelas X SMA/ MA. Data kualitatif hasil validasi bahan ajar dinilai oleh 1 ahli materi, 1 ahli media dan 5 *peer reviewer* dan diujicobakan secara terbatas pada 2 guru biologi serta 20 siswa kelas X SMA/ MA. Hasil penilaian bahan ajar menunjukkan kualitas “baik” dengan persentase 79,3% oleh ahli materi; 77,5% oleh ahli media dan “sangat baik” dengan persentase 88,4% oleh *peer reviewer*, guru biologi sebesar 83,1% dan siswa sebesar 86,25%, buku panduan praktikum pengolahan air limbah domestik dapat digunakan sebagai bahan ajar.

Kata kunci: fitoremediasi, *wetland system*, air limbah domestik, buku panduan praktikum, 4D

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu ciri perubahan dunia pada abad ke-21 adalah tekanan yang meningkat terhadap sumber-sumber dasar seperti air, makanan dan energi. Untuk mengatasi perubahan tersebut, diperlukan kesadaran untuk *melek* lingkungan, dimana perlu untuk menyelidiki dan menganalisis isu-isu lingkungan dan merumuskan simpulan yang sesuai tentang penyelesaian-penyelesaian yang efektif [Trilling dan Fadel (2001) dalam Suyono dan Hariyanto (2015)].

Tahun 2006, Kementerian Lingkungan Hidup (KEMENLH) mengembangkan program pendidikan lingkungan hidup pada jenjang pendidikan dasar dan menengah melalui program adiwiyata. Program ini dilaksanakan di 10 sekolah di Pulau Jawa sebagai sekolah model dengan melibatkan perguruan tinggi dan LSM yang bergerak di bidang Pendidikan Lingkungan Hidup (KEMENLH, 2012).

Jumlah sekolah adiwiyata di seluruh Indonesia meningkat setiap tahunnya. Terdapat 200 sekolah peraih adiwiyata nasional pada tahun 2012, 463 sekolah tahun 2013 dan 498 sekolah tahun 2014 (KEMENLH, 2014). Sedangkan peraih adiwiyata mandiri sejumlah 47 sekolah pada tahun 2014 dan 95 sekolah tahun 2015 (KEMENLH, 2015). Program adiwiyata

ditargetkan mencapai 10% dari jumlah sekolah yang ada di Indonesia atau sekitar 22.000 sekolah. Untuk dapat menjadi sekolah adiwiyata, sekolah harus mempunyai visi dan misi berwawasan lingkungan (KEMENLH, 2013).

Program adiwiyata memberikan dampak positif terhadap kemampuan pengetahuan, sikap dan keterampilan dalam mengelola lingkungan. Penelitian yang dilakukan Jumadil *et al.* (2015) terhadap siswa kelas VI Sekolah Dasar di Kota Jambi menunjukkan bahwa siswa di sekolah adiwiyata memiliki kemampuan pengetahuan, sikap dan keterampilan pengelolaan lingkungan hidup yang lebih tinggi dibandingkan siswa di sekolah belum adiwiyata. Penelitian serupa dilakukan oleh Syoffnelli *et al.* (2016) yang meneliti pengaruh program adiwiyata terhadap pengetahuan, perilaku dan keterampilan mengelola lingkungan siswa dan guru SMK di Kabupaten Pelalawan, Riau. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada pengetahuan, perilaku dan keterampilan mengelola lingkungan siswa di sekolah adiwiyata yang lebih tinggi daripada siswa di sekolah bukan adiwiyata.

SMA N 9 Yogyakarta, SMA N 1 Banguntapan dan MAN Yogyakarta III merupakan contoh sekolah di Yogyakarta dengan visi misi berwawasan lingkungan dan telah meraih penghargaan adiwiyata tingkat nasional. Sebagai sekolah adiwiyata, program-program yang disusun oleh sekolah menekankan pada kepedulian terhadap lingkungan (komunikasi pribadi dengan guru biologi dan tim adiwiyata sekolah, Februari 2016). Berdasarkan observasi

yang dilakukan, diketahui bahwa salah satu aspek yang menjadi perhatian di ketiga sekolah adalah solusi menangani berbagai limbah yang ada di lingkungan sekolah.

Daur Ulang Limbah merupakan salah satu sub bab pada materi Ekosistem yang membahas mengenai solusi-solusi mengatasi permasalahan lingkungan yang diajarkan pada kelas X SMA/MA semester genap. Pada sub bab tersebut, siswa dituntut untuk dapat membuat atau melakukan daur ulang terhadap limbah (Ardianti, 2014). Pada praktiknya, daur ulang yang dilakukan siswa baru terbatas pada pengolahan plastik, kertas dan limbah organik.

Berdasarkan wawancara dan observasi yang dilakukan di SMA N 9 Yogyakarta, SMA N 1 Banguntapan dan MAN Yogyakarta III, diketahui bahwa pada sub bab Daur Ulang Limbah, siswa diberikan tugas ataupun pengayaan materi berupa pengolahan limbah anorganik seperti plastik dan botol/kaleng bekas menjadi barang kerajinan serta pengolahan limbah organik menjadi kompos. Tugas ataupun pengayaan materi berupa pengolahan air limbah belum pernah dilakukan. Meskipun pada program adiwiyata di sekolah-sekolah tersebut terdapat divisi air, namun programnya belum diimplementasikan pada pembelajaran biologi khususnya pada sub bab Daur Ulang Limbah, sehingga hanya beberapa siswa yang aktif dalam kegiatan adiwiyata saja yang dapat mempraktikkannya. Mengingat bahwa semakin banyaknya air limbah yang dihasilkan seiring dengan penambahan jumlah

penduduk, maka diperlukan suatu strategi dan langkah dalam mengolah air limbah yang efektif dan efisien (Supriyatno, 2000).

Fitoremediasi dengan *wetland system* merupakan salah satu cara yang efektif, murah dan ramah lingkungan untuk mengolah air limbah (Singh *et al.*, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Syuhaida *et al.* (2014) menunjukkan bahwa fitoremediasi menggunakan tumbuhan air efektif untuk mengakumulasi bahan pencemar berupa logam berat pada air. Penelitian pengolahan air juga dilakukan oleh Sitompul *et al.* (2013) menggunakan tumbuhan eceng gondok. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengolahan air limbah efektif menggunakan 2 tumbuhan eceng gondok dengan waktu kontak 6 hari. Peneliti ingin mengetahui efektivitas waktu kontak tersebut menggunakan jumlah dan jenis tumbuhan yang berbeda, yaitu eceng gondok, genjer dan semanggi dengan jumlah masing-masing 1 tumbuhan serta variasi pengenceran limbah 10 dan 100 kali. Menurut Syuhaida *et al.* (2014), waktu normal untuk mengetahui efek akumulasi polutan terhadap tumbuhan pada *treatment* fitoremediasi yaitu 10 hari. berdasarkan pernyataan tersebut, peneliti ingin mengetahui efek *treatment* setelah 10 hari, peneliti mengambil waktu kontak 12 hari.

Berdasarkan hasil wawancara dengan siswa di ketiga sekolah, diketahui bahwa siswa merasa tertarik mempelajari pengolahan air limbah melalui praktikum. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan cara mengolah air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system*

yang dikemas dalam bentuk pedoman praktikum. Melalui metode praktikum, siswa dapat mengintegrasikan kemampuan berpikir dan keterampilan (Dahlan, 2015). Selain itu, metode praktikum adalah cara untuk menyampaikan pembelajaran yang memberikan pengalaman belajar langsung bagi siswa dalam ranah kognitif, afektif maupun psikomotorik (Novitasari dan Lisdiana, 2015); Hidayati, 2012).

Penelitian yang dilakukan Wulandari *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa melalui penerapan pembelajaran berbasis praktikum dapat meningkatkan keterampilan proses sains dan penguasaan konsep siswa dari persentase 71% (cukup) menjadi 91% (sangat baik). Penelitian serupa dilakukan oleh Hayat *et al.*, (2011) yang berhasil mengembangkan sikap ilmiah siswa dengan pembelajaran berbasis praktikum. Selain itu, penggunaan metode praktikum juga dapat meningkatkan aktivitas belajar siswa yang meliputi kegiatan mengamati dan mendiskusikan (Yunita *et al.*, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti ingin mengembangkan bahan ajar praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* penelitian fitoremediasi untuk menguji efektivitas tumbuhan dan *wetland system* yang diterapkan dalam proses fitoremediasi air limbah. Hasil pengembangan berupa bahan ajar praktikum diharapkan mampu menambah pengetahuan siswa dan melatih keterampilan dalam menangani permasalahan lingkungan menggunakan langkah-langkah metode ilmiah.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut

1. Meskipun telah menjadi sekolah adiwiyata, pembelajaran pada sub bab Daur Ulang Limbah siswa hanya melakukan pengolahan limbah plastik dan limbah organik. Belum pernah dilakukan praktik mengolah air limbah. Siswa merasa tertarik dengan praktikum pengolahan air limbah.
2. Tidak adanya bahan ajar praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* di ketiga sekolah.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang muncul dalam pokok bahasan penelitian ini, maka penulis membatasi masalah yang akan dijadikan objek inti penelitian yang meliputi

1. Bahan ajar praktikum yang dikembangkan berdasarkan penelitian fitoremediasi dengan *wetland system* menggunakan tumbuhan eceng gondok, genjer dan semanggi yang diuji efektivitasnya dalam mengolah air limbah domestik.
2. Buku panduan praktikum pengolahan air limbah domestik dikembangkan sesuai dengan Kurikulum 2013, KD 4.10 “Memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan”.

3. Bahan ajar praktikum yang dikembangkan berupa buku panduan praktikum pengolahan air limbah domestik pada sub bab Daur Ulang Limbah untuk siswa kelas X SMA/ MA.
4. Subjek penelitian untuk mengetahui kualitas modul yaitu dua guru biologi sebagai validator dan dua puluh siswa kelas X SMA/ MA pada uji terbatas.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah efektivitas tumbuhan eceng gondok, genjer dan semanggi dalam pengolahan air limbah domestik menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system*?
2. Bagaimanakah mengembangkan bahan ajar praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* pada sub bab Daur Ulang Limbah untuk siswa kelas X SMA/MA?
3. Bagaimanakah kualitas bahan ajar praktikum berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, *peer reviewer*, guru biologi dan siswa?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektivitas tanaman eceng gondok, genjer dan semanggi dalam pengolahan air limbah domestik menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system*.

2. Mengembangkan bahan ajar praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* pada sub bab Daur Ulang Limbah untuk siswa kelas X SMA/MA.
3. Mengetahui kualitas bahan ajar praktikum berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, *peer reviewer*, guru biologi dan siswa.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang diharapkan dari pengembangan bahan ajar ini adalah sebagai berikut

1. Produk dari penelitian ini berupa bahan ajar cetak dengan ukuran kertas A5 120 gram.
2. Bahan ajar memuat materi singkat dan kegiatan praktikum. Materi singkat meliputi air limbah dan fitoremediasi. Kegiatan praktikum terdiri atas 3 kegiatan, yaitu aklimatisasi, pengukuran parameter air limbah dan *treatment* fitoremediasi dengan *wetland system*.
3. Setiap acara praktikum dilengkapi dengan tujuan praktikum, alat dan bahan yang dibutuhkan, langkah kerja, kegiatan pengamatan dan contoh tabulasi data, pertanyaan untuk acuan penulisan pembahasan laporan.

G. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain

1. Bagi siswa, produk penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk memperkaya pengetahuan dalam mengolah air limbah melalui praktikum.
2. Bagi guru, produk pengembangan ini dapat dijadikan sebagai bahan ajar untuk memudahkan dalam pengayaan materi daur ulang limbah pada siswa.
3. Bagi sekolah, sebagai bahan pertimbangan dalam menunjang penerapan substansi kurikulum 2013 terhadap proses pembelajaran biologi khususnya bagi sekolah adiwiyata.
4. Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang inspiratif untuk dikaji lebih lanjut.

H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan
 - a. Bahan ajar praktikum daur ulang limbah dapat memperkaya pemahaman siswa dalam mengolah air limbah.
 - b. Ahli media, ahli materi dan bahasa memahami standar mutu dan kualitas bahan ajar praktikum serta memiliki pengetahuan yang memadai dalam pengolahan air limbah.

2. Keterbatasan Pengembangan

- a. Bahan ajar yang dikembangkan berdasarkan hasil penelitian fitoremediasi dengan *wetland system* untuk mengolah air limbah domestik.
- b. Bahan ajar yang dikembangkan terbatas pada sub materi pokok daur ulang limbah, yaitu pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system*.
- c. Bahan ajar ini hanya dinilai sesuai kriteria bahan ajar praktikum yang baik oleh 2 guru biologi dan direspon oleh 20 siswa SMA/MA.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Efektivitas tumbuhan eceng gondok, genjer dan semanggi dalam pengolahan air limbah domestik menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* berbeda-beda. Tumbuhan genjer mampu meningkatkan kadar DO sebesar 50% dan menurunkan kadar BOD sebesar 78%. Tumbuhan semanggi efektif menurunkan kadar TDS sebesar 41,4%. Tumbuhan eceng gondok mampu menurunkan kadar BOD sebesar 54%.
2. Bahan ajar praktikum pengolahan air limbah domestik menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system* pada sub bab Daur Ulang Limbah untuk siswa kelas X SMA/MA disusun dan dikembangkan menggunakan tahap *define* (pendefinisian), *design* (desain) dan *develop* (pengembangan).
3. Berdasarkan penilaian secara keseluruhan ahli materi, ahli media, *peer reviewer*, guru biologi, dan siswa, buku panduan praktikum pengolahan air limbah domestik yang dikembangkan termasuk kategori “sangat baik” sehingga produk tersebut layak digunakan dalam pembelajaran biologi khususnya sub materi pokok daur ulang limbah.

B. Saran

1. Buku panduan praktikum pengolahan air limbah domestik yang dikembangkan perlu diujicobakan secara langsung dalam pembelajaran biologi agar diketahui kelebihan dan kekurangan produk sehingga dapat diimplementasikan dalam pembelajaran.
2. Buku panduan praktikum pengolahan air limbah domestik diharapkan dapat digunakan sebagai bahan ajar pada materi Daur Ulang Limbah khususnya di SMA/ MA yang telah mendapatkan status sekolah adiwiyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, Riyanda, K. S. Lubis dan Jamilah. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroteknologi* 1(3)
- Alamendah. 2011. *Pengertian dan Proses Daur Ulang*. <http://www.google.co.id/amp/s/alamendah.org/2011>
- Andara. 2010. *Limbah*. <http://www.klikbelajar.com/pelajaran/sains/limbah> diakses pada 28 Februari 2018
- Anwari. 2015. *Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Kearifan Lokal di Taman Nasional Gunung Merapi untuk SMA/MA Kelas X Materi Keanekaragaman Hayati*. Skripsi. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga
- Ardianti, Vembriarta. 2014. Analisis Kreativitas Produk Pemanfaatan Limbah Organik Rumah Tangga pada Siswa Kelas X SMA N 1 Sleman. *E Journal UNY* 3(9) <http://journal.student.uny.ac.id/jurnal/artikel/9943/52/930> diakses pada 23 Maret 2016 pukul 07.17 WIB
- Arikunto, Suharsimi. 2007. *Metode Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta
- Arrizal, S., F. rachmadiarti dan Yuliani. 2013. Identifikasi Rhizobakteri pada Semanggi (*Marsilea crenata*) yang Terpapar Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Lentera Bio* 2(1)
- Arsyad, A. 2011. *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Press
- Barrus, T. A. 1996. *Metode Ekologi untuk Menilai Kualitas Suatu Perairan Lotik*. Fakultas USU Medan
- Dahlan, Ahmad. 2015. *Metode Pembelajaran Praktikum*. <http://www.eurekapedidikan.com/2015/10/metode-pembelajaran-praktikum.html> diakses pada 23 Februari 2016 pukul 08.45 WIB
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius
- Emzir. 2010. *Metodologi Penelitian data Kulaitatif: Analisis Data*. Jakarta: Rajawali Press

- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Favas, P. J. C., P. Joao, M. Varun, R. D'Souza, dan M. S. Paul. 2014. *Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora*. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0> diakses pada 16 April 2016
- Fondriest Environmental, Inc. 2013. *Dissolved Oxygen*. <http://www.fondriest.com/environmentalmeasurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen> diakses pada 17 Desember 2017
- Fondriest Environmental, Inc. 2013. *Water Temperature*. <http://www.fondriest.com/environmentalmeasurements/parameters/water-quality/water-temperature> diakses pada 17 Desember 2017
- Hayat, M. S., Sri Anggraini dan Sri Redjeki. 2011. Pembelajaran Praktikum pada Konsep Invertebrata untuk Pengembangan Sikap Ilmiah Siswa. *Jurnal Bioma* 1(2)
- Herlambang, A. 2011. Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. *JAI* 2(1)
- Hidayati, Nunik. 2012. *Penerapan Metode Praktikum dalam Pembelajaran Kimia untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir tingkat Tinggi Siswa pada Materi Pokok Keseimbangan Kimia Kelas XI SMK Diponegoro Banyuputih Batang*. Skripsi. Semarang: IAIN Walisongo
- International Labmate Limited. 2014. *Unique System Provide Biochemical Oxygen Demand Determination*. <http://www.labmate-online.com/search/bod> diakses pada 16 Desember 2017
- Jasmadi. 2008. *Panduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Jeffries, M., D. Mills. 1996. *Freshwater Ecology: Principles and Applications*. UK: John Wiley and Son
- Jumadil, Kahar Mustari dan Alimuddin Hamzah A. 2015. Penerapan Program Adiwiyata pada Aspek Kognitif, Afektif dan Psikomotor tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup Sekolah Dasar di Kota Kendari. *Jurnal Sains dan Teknologi* 15(2)

- Koesnandar. 2008. *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Web*
<http://www.teknologi pendidikan.net> diakses pada 25 Februari 2018
- KEMENLH. 2012. *Informasi Mengenai Adiwiyata*.
<http://www.menlh.go.id/informasi-mengenai-adiwiyata/> diakses pada 5 Januari 2016 pukul 14.17 WIB
- KEMENLH. 2013. *Penghargaan Adiwiyata*.
<http://www.menlh.go.id/penghargaan-sekolah-adiwiyata-nasional-2013/> diakses pada 23 Februari 2016 pukul 08.20 WIB
- KEMENLH. 2014. *Penghargaan Sekolah Adiwiyata Nasional*.
<http://www.menlh.go.id/15386/> diakses pada 23 Februari 2016 pukul 08.30 WIB
- KEMENLH. 2015. *Laporan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada Peringatan Hari Lingkungan Hidup Sedunia 5 Juni 2015*.
<http://www.menlh.go.id/laporan-menteri-lingkungan-hidup-dan-kehutanan-pada-peringatan-lingkungan-hidup-sedunia-5-juni-2015/> diakses pada 23 Februari 2016 pukul 08.15 WIB
- Khusnuryani, A. 2008. *Mikrobia sebagai Agen Penurunan Fosfat pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit*. Semnas Aplikasi Sains dan Teknologi: AKPRIND Yogyakarta
- Krisnadwi. 2012. *Ukuran Kualitas Air*.
<http://www.bisakimia.com/2012/11/14/ukuran-kualitas-air/amp/?espv=1> diakses pada 15 desember 2017
- Lee, C. D., et al. 1978. *Benthic Macroinvertebrates and Fish as Biological Indicators of Water Quality*. International Conferences of Water Pollution Control in Developing Countries. Bangkok, Thailand
- Lestari, I. 2013. *Pengembangan Bahan Ajar Besbasis Kompetensi*. Padang: Akademia Permata
- Mahyudin, M. 2015. Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air. http://jpal.ub.ac.id/artikel_download/analisis_kualitas_air diakses pada 25 februari 2018
- Martiyono. 2012. *Perencanaan Pembelajaran*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo

- Muhammad, F. 2017. *Parameter of Water Quality pH*. [http://www.academia.edu/9122534/parameter of Water Quality pH](http://www.academia.edu/9122534/parameter_of_Water_Quality_pH) diakses pada 18 Desember 2017
- Mulyani, S. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Murphy, S. 2007. General Information of TDS. Solid.bcn.boulder.co.us/basin/data/NEW//info/TDS/html diakses pada 15 Desember 2017
- Neutron, T. 2017. Kadar dan Kelarutan Oksigen. <https://www.tneutron.net/blog/kadar-dan-kelarutan-oksigen/> diakses pada 15 Desember 2017
- Novitasari, Saefah dan Lisdiana. 2015. Pengembangan Instrumen Penilaian Ranah Afektif dan Psikomotorik pada Mata Kuliah Praktikum Struktur Tubuh Hewan. *Unnes Journal of Biology Education* 4(1)
- Oram, B. 2010. *Total Dissolved Solid*. <http://www.water-research.net.html> diakses pada 15 Desember 2017
- Priyanto, Budhi dan Joko Prayitno. 2011. *Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan*. <http://itl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.html> diakses pada 20 Juni 2016
- Purwanto. 2007. *Instrument Penelitian Sosial dan Pendidikan: Pengembangan dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Regional Aquatics Monitoring Programme (RAMP). 2017. *Water Quality Indicators: Temperature and Dissolved Oxygen*. [Http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/temperature+and+dissolved+oxygen.aspx](http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/temperature+and+dissolved+oxygen.aspx) diakses pada 17 Desember 2017
- Ratnani, R. D., Indah Hartati dan Laeli Kurniasari. 2010. *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand), pH, Bau dan Warna pada Limbah Cair Tahu*. Laporan Penelitian Terapan: Universitas Wachid Hasyim Semarang
- Ridwan, W. dan Siagian. 2016. Pengembangan Bahan Ajar pada Mata Pelajaran PPKn. *Jurnal TIK dalam Pendiidkan* 3(1)

- Rohmad, S. 2006. *Ruang Lingkup Pencemaran*. <http://repository.ut.ac.id/BIOL4420-M1> diakses pada 25 Februari 2018
- Rustaman, N. Y. 2005. *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang : Universitas Negeri Malang
- Sadiman, A. S. 2011. *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Silalahi. J. 2010. *Analisis Kualitas Air da Hubungannya dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Baliga Danau Toba*. USU e-Repository
- Singh, Divya, Archana Tiwari and Richa Gupta. 2012. Phytoremediation of Lead from Wastewater Using Aquatic Plants. *Journal of Agricultural Technology* **8**(1)
- Septyawan, Mika, S. M. R. Sedyawati dan F. W. Mahatmanti. 2014. Penurunan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Cattail* dengan Sistem *Constructed Wetland*. *Indonesian Journal of Chemical Science* **3**(1)
- Subuini. 2011. *Gaya Belajar pada Anak*. <https://www.emirina.com/gaya-belajar-pada-anak/> diakses pada 15 Desember 2017
- Sudijono, Anas. 2010a. *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: RajaGrafindo Persada
- Sumampouw, O. J. 2015. *Pengantar tentang Pencemaran Lingkungan*. www.researchgate.net/publication/278243063_Diklat_Pencemaran_Lingkungan diakses pada 25 Februari 2018
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. dalam Sistem Lahan Basah Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Tesis. Semarang: Unnes
- Supriyatno, Budi. 2000. Pengolahan Air Limbah yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi dan Langkah Penanganannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan* **1**(1)
- Suyono dan Hariyanto. 2015. *Implementasi Belajar dan Pembelajaran*. Bandung : Remaja Rosdakarya

- Syoffnelli, Zulfan Saam dan Thamrin. 2016. Pengaruh Program Adiwiyata Terhadap Pengetahuan, Perilaku dan Keterampilan Siswa dan Guru dalam Mengelola Lingkungan pada SMK di Kabupaten Pelalawan. *Jurnal Dinamika Lingkungan Indonesia* 3(1)
- Syuhaida, A. W. A., S. I. S. Norkhadijah, S. M. Pravena, Awang Suriyani. 2014. The Comparison of Phytoremediation Abilities of Water Mimosa and Water Hyacinth. *ARPJ Journal of Science and Technology* 4(12)
- Taner, Chris C., Vivian C. Kloosterman. 1997. Guidelines for Constructed Wetland Treatment of Farm Dairy Wastewaters in New Zealand. *NIWA Science and Technology Series No. 48b*
- Tasri, Lu'mu. 2011. Pengembangan Bahan Ajar. Berbasis Web. *Jurnal Medtek* 3(2)
- Taufina. 2009. Authentic Assesment dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia di Kelas Rendah SD. *Jurnal Pedagogi* 9(1)
- Warlina, L. 2004. *Pencemaran Air, Sumber Dampak dan Penanggulangannya* http://rudycr.com/lina_warlina/pencemaran_air diakses pada 25 Februari 2018
- Widodo, C. dan Jasmadi. 2008. *Panduan Menyusun Bahan Ajar*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Widodo, S. 2012. *Belajar dan Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta
- Wiryani, E. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. http://eprints.undip.ac.id/kuliah_pencemaran_lingkungan diakses pada 25 Februari 2018
- Wulandari, V. C. P., Masjhuri dan Balqis. 2014. *Penerapan Pembelajaran Berbasis Praktikum untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep Siswa Kelas XI IPA 1 di SMA Muhammadiyah Malang*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Yudhistira, A., D. R. Antoro dan Hendriyanto. 2013. *Respon Organisme Akuatik terhadap Variabel Lingkungan (pH, Suhu, Kekeruhan, Deterjen)*. Program Kreativitas Mahasiswa Perikanan dan Kelautan ITB

Yunita, Eni, Tri Jalmo, Rini Rita T Marpaung. 2014. Pengaruh Penggunaan Metode Praktikum terhadap Aktivitas dan Keterampilan Proses sains Siswa. *Jurnal Bioterdidik* 2(7)

Zhang, B. Y., J. S. Zheng, dan R. G. Sharp. 2010. Phytoremediation in Engineered Wetlands: Mechanisms and Application. *Procedia Environmental Science* 2(2010)

Ziarati, Parisa dan Someye Alaedini. 2014. The Phytoremediation Technique for Cleaning up Contaminated Soil by *Amaranthus sp.* *Journal of Environmental and Analytical Toxicology* 4(208)



LAMPIRAN

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ANGKET PENILAIAN AHLI MATERI

Judul penelitian : Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah kelas X SMA/MA
 Peneliti : Putri Fajarwati
 NIM : 12680025

Penilai :

Institusi :

Tanggal penilaian :

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom nilai sesuai penilaian Anda terhadap panduan praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi
- Gunakan kriteria penilaian berikut untuk memnerikan penilaian
SB : Sangat Baik
B : Baik
C : Cukup
K : Kurang
SK : Sangat Kurang
- Apabila penilaian Anda adalah **SK**, **K**, atau **C**, maka berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan atau perlunya penambahan terhadap panduan praktikum pada lembar yang telah disediakan

B. Kolom Penilaian

No	Nilai				
	SB	B	C	K	SK
Kelengkapan materi					
1. Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD).	☐	☐	☐	☐	☐
2. Penjabaran materi sesuai dengan indikator pembelajaran	☐	☐	☐	☐	☐
3. Kelengkapan materi dan kegiatan praktikum dalam buku disajikan dengan baik dan lengkap	☐	☐	☐	☐	☐

Keakuratan materi

4. Materi yang disajikan sesuai dengan konsep yang dikemukakan ahli biologi mengenai air limbah domestik dan fitoremediasi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
5. Metode praktikum yang digunakan sesuai dengan konsep yang dikemukakan ahli biologi mengenai fitoremediasi dengan *wetland system* ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
6. Istilah yang digunakan dalam panduan praktikum akurat ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
7. Penulisan nama ilmiah maupun istilah dalam panduan praktikum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
8. Materi dan kegiatan praktikum karya asli (original) dan sesuai dengan data/fakta yang ada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
9. Gambar atau ilustrasi yang disajikan sesuai dengan penjelasan konsep/materi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Kemutakhiran materi

10. Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi terkini (*up to date*) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
11. Uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan relevan dan menarik, mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Penunjang keterampilan sains siswa

12. Kegiatan praktikum yang disajikan memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
13. Materi yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, mengasosiasi, Mengkomunikasikan) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
14. Penyajian materi dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Kemudahan penggunaan

15. Kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku mudah untuk dipraktikkan oleh siswa ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

C. Saran Perbaikan

D. Kesimpulan

Buku panduan praktikum Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Fitoremediasi dengan *Wetland System* ini

- ☐ Layak untuk diujicobakan secara terbatas tanpa revisi
- ☐ Layak untuk diujicobakan secara terbatas dengan revisi sesuai saran

ANGKET PENILAIAN AHLI MATERI

Judul penelitian : Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah kelas X SMA/MA
 Peneliti : Putri Fajarwati
 NIM : 12680025

Penilai :

Institusi :

Tanggal penilaian :

A. Petunjuk Pengisian

4. Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom nilai sesuai penilaian Anda terhadap panduan praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi
5. Gunakan kriteria penilaian berikut untuk memnerikan penilaian
SB : Sangat Baik
B : Baik
C : Cukup
K : Kurang
SK : Sangat Kurang
6. Apabila penilaian Anda adalah **SK**, **K**, atau **C**, maka berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan atau perlunya penambahan terhadap panduan praktikum pada lembar yang telah disediakan

B. Kolom Penilaian

No	Nilai				
	SB	B	C	K	SK
Kelengkapan materi					
1. Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD).	☐	☐	☐	☐	☐
2. Penjabaran materi sesuai dengan indikator pembelajaran	☐	☐	☐	☐	☐
3. Kelengkapan materi dan kegiatan praktikum dalam buku disajikan dengan baik dan lengkap	☐	☐	☐	☐	☐

Keakuratan materi

4. Materi yang disajikan sesuai dengan konsep yang dikemukakan ahli biologi mengenai air limbah domestik dan fitoremediasi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
5. Metode praktikum yang digunakan sesuai dengan konsep yang dikemukakan ahli biologi mengenai fitoremediasi dengan *wetland system* ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
6. Istilah yang digunakan dalam panduan praktikum akurat ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
7. Penulisan nama ilmiah maupun istilah dalam panduan praktikum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
8. Materi dan kegiatan praktikum karya asli (original) dan sesuai dengan data/fakta yang ada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
9. Gambar atau ilustrasi yang disajikan sesuai dengan penjelasan konsep/materi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Kemutakhiran materi

10. Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi terkini (*up to date*) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
11. Uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan relevan dan menarik, mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Penunjang keterampilan sains siswa

12. Kegiatan praktikum yang disajikan memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
13. Materi yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, mengasosiasi, Mengkomunikasikan) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
14. Penyajian materi dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Kemudahan penggunaan

15. Kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku mudah untuk dipraktikkan oleh siswa ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

C. Saran Perbaikan

D. Kesimpulan

Buku panduan praktikum Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Fitoremediasi dengan *Wetland System* ini

- ☐ Layak untuk diujicobakan secara terbatas tanpa revisi
- ☐ Layak untuk diujicobakan secara terbatas dengan revisi sesuai saran

ANGKET PENILAIAN GURU BIOLOGI DAN *PEER REVIEWER*

Judul penelitian : Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah kelas X SMA/MA
 Peneliti : Putri Fajarwati
 NIM : 12680025

Penilai :

Institusi :

Tanggal penilaian :

E. Petunjuk Pengisian

7. Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom nilai sesuai penilaian Anda terhadap panduan praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi
8. Gunakan kriteria penilaian berikut untuk memnerikan penilaian
SB : Sangat Baik
B : Baik
C : Cukup
K : Kurang
SK : Sangat Kurang
9. Apabila penilaian Anda adalah **SK**, **K**, atau **C**, maka berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan atau perlunya penambahan terhadap panduan praktikum pada lembar yang telah disediakan

F. Kolom Penilaian

No	Kriteria penilaian	Nilai				
		SB	B	C	K	SK
Kelayakan isi atau materi						
1.	Materidan kegiatan praktikum menyokong kurikulum 2013	☐	☐	☐	☐	☐
2.	Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	☐	☐	☐	☐	☐
3.	Kelengkapan materi dan kegiatan praktikum sesuai	☐	☐	☐	☐	☐

dengan tujuan pembelajaran					
4. Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan aktual, sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi	☐	☐	☐	☐	☐
5. Uraian, contoh dan kegiatan praktikum disajikan kontekstual dan menarik, mencerminkan peristiwa atau kondisi terkini	☐	☐	☐	☐	☐
6. Materi yang disajikan dapat memperkaya pengetahuan siswa	☐	☐	☐	☐	☐
7. Kegiatan percobaan yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)	☐	☐	☐	☐	☐
8. Kegiatan praktikum dalam buku dapat dijadikan pedoman/panduan untuk mempraktikkan pengolahan air limbah	☐	☐	☐	☐	☐
Kelayakan bahasa					
9. Kalimat menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD)	☐	☐	☐	☐	☐
10. Kalimat yang digunakan komunikatif dan interaktif	☐	☐	☐	☐	☐
11. Pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA	☐	☐	☐	☐	☐
12. Bahasa yang digunakan mampu merangsang siswa untuk mempelajari buku secara tuntas	☐	☐	☐	☐	☐
Kelayakan penyajian					
13. Penyajian materi logis, sederhana dan jelas	☐	☐	☐	☐	☐
15. Penyajian konsep runtut (materi pada bagian sebelumnya dapat membantu pemahaman pada materi berikutnya)	☐	☐	☐	☐	☐
16. Penyajian buku mendorong siswa untuk mempelajari konsep lebih lanjut	☐	☐	☐	☐	☐
17. Buku panduan praktikum dilengkapi dengan glosarium sebagai pendukung memahami istilah baru/asing	☐	☐	☐	☐	☐
Tampilan umum					
18. Desain buku panduan praktikum konsisten dan memiliki format yang baik	☐	☐	☐	☐	☐
19. Judul, gambar dan keterangan pada panduan praktikum sesuai dengan konsep	☐	☐	☐	☐	☐
20. Pemilihan jenis dan ukuran huruf (<i>font</i>) sesuai dan mudah dibaca	☐	☐	☐	☐	☐
21. Jenis kertas yang digunakan sesuai untuk bahan ajar	☐	☐	☐	☐	☐

22. Cetakan buku panduan praktikum jelas ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Kemudahan penggunaan

23. Materi dan kegiatan praktikum dalam buku mudah dipahami dan diaplikasikan ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

G. Saran Perbaikan

H. Kesimpulan

Buku panduan praktikum Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Fitoremediasi dengan *Wetland System* ini

- ☐ Layak untuk diujicobakan secara terbatas tanpa revisi
- ☐ Layak untuk diujicobakan secara terbatas dengan revisi sesuai saran

.....,

Penilai

()

ANGKET PENILAIAN SISWA

Nama siswa :

Sekolah asal :

Tanggal penilaian :

A. Petunjuk Pengisian

10. Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom nilai sesuai penilaian Anda terhadap panduan praktikum pengolahan air limbah menggunakan fitoremediasi dengan *wetland system*

11. Gunakan kriteria penilaian berikut untuk memnerikan penilaian

SS : Sangat Setuju

TS : Tidak Setuju

S : Setuju

STS : Sangat Tidak Setuju

KS : Kurang Setuju

B. Kolom Penilaian

No Pernyataan	Nilai				
	SS	S	KS	TS	STS
1. Tampilan buku panduan praktikum ini menarik dan dapat menambah minat belajar	☐	☐	☐	☐	☐
2. Tampilan buku panduan ini kurang menarik	☐	☐	☐	☐	☐
3. Bahasa yang digunakan dalam buku panduan praktikum ini mudah dipahami	☐	☐	☐	☐	☐
4. Buku panduan praktikum ini menggnakan bahasa yang sulit dipahami	☐	☐	☐	☐	☐
5. Gambar-gambar yang terdapat dalam buku mempermudah memahami materi	☐	☐	☐	☐	☐
6. Gambar-gambar yang ada dalam buku kurang sesuai dengan materi yang disajikan	☐	☐	☐	☐	☐
7. Buku ini menggunakan jenis dan ukuran huruf (<i>font</i>) secara proporsional	☐	☐	☐	☐	☐
8. Jenis dan ukuran huruf (<i>font</i>) dalam buku ini kurang proporsional	☐	☐	☐	☐	☐
9. Glosarium (penjelasan) di akhir buku mempermudah saya memahami istilah asing/baru	☐	☐	☐	☐	☐
10. Glosarium (penjelasan) di akhir buku ini kurang membantu dalam memahami istilah asing/baru	☐	☐	☐	☐	☐

11. Adanya kata kunci di setiap bab dalam buku ini membantu saya mengingat istilah terkait materi	☐	☐	☐	☐	☐
12. Kata kunci yang disajikan pada setiap bab dalam buku ini kurang membantu mengingat istilah terkait materi	☐	☐	☐	☐	☐
13. Buku panduan praktikum ini mempermudah saya mempelajari dan mempraktikkan pengolahan air limbah	☐	☐	☐	☐	☐



PANDUAN WAWANCARA GURU

Judul penelitian	: Fitoremediasi dengan <i>Wetland System</i> dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah kelas X SMA/MA		
Peneliti	: Putri Fajarwati		
NIM	: 12680025		
Penilai	:		
Institusi	:		
Tanggal penilaian	:		

1. Apakah tampilan panduan praktikum ini menarik? Konten apa yang perlu diperbaiki/ditambahkan?
2. Apakah panduan praktikum yang dikembangkan dapat memotivasi siswa untuk lebih peduli pada limbah yang ada lingkungan sekitar? Alasannya?
3. Apakah panduan praktikum yang dikembangkan dapat memperkaya pengetahuan siswa? Alasannya?
4. Apakah panduan praktikum yang dikembangkan mudah untuk dipraktikkan? Alasannya?
5. Apakah panduan praktikum yang dikembangkan sudah layak digunakan sebagai bahan ajar praktikum untuk siswa kelas X SMA/MA? Alasannya?

PANDUAN WAWANCARA SISWA

Judul penelitian	: Fitoremediasi dengan <i>Wetland System</i> dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah kelas X SMA/MA		
Peneliti	: Putri Fajarwati		
NIM	: 12680025		
Nama siswa	:		
Asal sekolah	:		
Tanggal penilaian	:		

1.	Apakah isi materi dan kegiatan praktikum pada buku mudah untuk dipahami? Alasannya?
2.	Apakah tampilan buku panduan praktikum ini menarik? Konten apa yang perlu diperbaiki/ditambahkan?
3.	Apakah materi dan kegiatan praktikum pada buku ini memperkaya pengetahuanmu tentang pengolahan air limbah? Alasannya?
4.	Apakah kegiatan praktikum pada buku ini mudah untuk dipraktikkan? Alasannya?
5.	Apakah buku panduan praktikum ini dapat memotivasimu untuk mengatasi/memperbaiki kualitas lingkungan yang ada di sekitarmu? Alasannya?

PENJABARAN KRITERIA PENILAIAN ASPEK-ASPEK PADA BUKU PANDUAN PRAKTIKUM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH MENGGUNAKAN FITOREMEDIASI DENGAN *WETLAND SYSTEM* KELAS X SMA/ MA

No	Aspek penilaian	Kriteria penilaian	Penjabaran
Aspek materi			
1.	Kelayakan materi	Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) Kelengkapan materi dan kegiatan praktikum sesuai dengan tujuan pembelajaran	SB : Jika penjabaran materi dalam buku membantu siswa untuk mencapai KD dari empat KI Kurikulum 2013 B : Jika penjabaran materi dalam buku membantu siswa untuk mencapai KD dari tiga KI Kurikulum 2013 C : Jika penjabaran materi dalam buku membantu siswa untuk mencapai KD dari dua KI Kurikulum 2013 K : Jika penjabaran materi dalam buku membantu siswa untuk mencapai KD dari satu KI Kurikulum 2013 SK : Jika penjabaran materi dalam buku belum membantu siswa untuk mencapai KD dari KI Kurikulum 2013 SB : Jika materi dan kegiatan dalam buku disajikan secara lengkap sesuai tujuan pembelajaran yang dicantumkan B : Jika salah satu dari materi atau kegiatan praktikum belum lengkap, namun sudah sesuai tujuan pembelajaran yang dicantumkan C : Jika materi dan kegiatan dalam buku disajikan secara lengkap namun belum sesuai tujuan pembelajaran yang

dicantumkan

K : Jika materi dan kegiatan dalam buku disajikan secara lengkap namun belum sesuai tujuan pembelajaran yang dicantumkan

SK : Jika materi dan kegiatan dalam buku disajikan secara belum lengkap dan belum sesuai tujuan pembelajaran yang dicantumkan

Konsep dan metode praktikum yang digunakan tidak menimbulkan banyak tafsir dan sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi

SB : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan mudah dipahami, sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi

B : Jika salah satu dari konsep atau metode praktikum yang disajikan multi tafsir, sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi

C : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan multi tafsir, sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi

K : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan mudah dipahami, namun belum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi

SK : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan multi tafsir dan belum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi

Materi yang disajikan dapat memperkaya pengetahuan siswa

SB : Jika materi yang disajikan secara keseluruhan merupakan konsep baru yang belum pernah dipelajari siswa dan memperkaya pengetahuan siswa

B : Jika materi yang disajikan sebagian besar merupakan konsep baru yang belum pernah dipelajari siswa dan memperkaya pengetahuan siswa

C : Jika materi yang disajikan sebagian kecil merupakan konsep baru yang belum pernah dipelajari siswa dan memperkaya pengetahuan siswa

K : Jika materi yang disajikan merupakan konsep baru yang belum pernah dipelajari siswa namun belum memperkaya pengetahuan siswa

SK : Jika materi yang disajikan belum dapat memperkaya pengetahuan siswa

Kegiatan praktikum dalam buku dapat dijadikan pedoman/panduan untuk mempraktikkan pengolahan air limbah

SB : Jika kegiatan praktikum dalam buku mudah dipahami dan dapat dijadikan pedoman mempraktikkan pengolahan air limbah dengan sangat baik

B : Jika kegiatan praktikum dalam buku mudah dipahami dan dapat dijadikan pedoman mempraktikkan pengolahan air limbah dengan baik

C : Jika kegiatan praktikum dalam buku mudah dipahami dan dapat dijadikan pedoman mempraktikkan pengolahan air

		limbah dengan cukup baik
		K : Jika kegiatan praktikum dalam buku mudah dipahami dan dapat dijadikan pedoman mempraktikkan pengolahan air limbah dengan kurang baik
		SK : Jika kegiatan praktikum dalam buku belum dapat dijadikan pedoman mempraktikkan pengolahan air limbah
2.	Keakuratan materi	Materi dan metode praktikum yang digunakan sesuai dengan konsep yang dikemukakan ahli biologi SB : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan mudah dipahami, sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi B : Jika salah satu dari konsep atau metode praktikum yang disajikan multi tafsir, sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi C : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan multi tafsir, sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi K : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan mudah dipahami, namun belum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi SK : Jika konsep dan metode praktikum yang disajikan multi tafsir dan belum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam ilmu biologi Istilah yang digunakan dalam panduan SB : Jika seluruh istilah yang digunakan dalam buku akurat

praktikum akurat

B : Jika sebagian besar istilah yang digunakan dalam buku akurat

C : Jika sebagian kecil istilah yang digunakan dalam buku akurat

K : Jika ada istilah yang digunakan dalam buku belum akurat

SK : Jika seluruh istilah yang digunakan dalam buku belum akurat

Penulisan nama ilmiah maupun istilah dalam panduan praktikum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi

SB : Jika seluruh penulisan nama ilmiah maupun istilah yang digunakan dalam buku sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi

B : Jika sebagian besar penulisan nama ilmiah maupun istilah yang digunakan dalam buku sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi

C : Jika sebagian kecil penulisan nama ilmiah maupun istilah yang digunakan dalam buku sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi

K : Jika terdapat penulisan nama ilmiah maupun istilah yang digunakan dalam buku belum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi

SK : Jika seluruh penulisan nama ilmiah maupun istilah yang digunakan dalam buku belum sesuai dengan kaidah yang berlaku dalam biologi

Materi dan kegiatan praktikum merupakan karya asli (original) dan sesuai dengan data/fakta yang ada	SB : Jika keseluruhan materi dan kegiatan praktikum merupakan karya asli (original) dan sesuai dengan data/fakta yang ada
	B : Jika sebagian besar materi dan kegiatan praktikum merupakan karya asli (original) dan sesuai dengan data/fakta yang ada
	C : Jika sebagian kecil materi dan kegiatan praktikum merupakan karya asli (original) dan sesuai dengan data/fakta yang ada
	K : Jika materi dan kegiatan praktikum bukan merupakan karya asli (original) namun sesuai dengan data/fakta yang ada
	SK : Jika materi dan kegiatan praktikum bukan merupakan karya asli (original) dan belum sesuai dengan data/fakta yang ada
Gambar atau ilustrasi yang disajikan sesuai dengan penjelasan konsep/materi	SB : Gambar atau ilustrasi secara keseluruhan disajikan jelas dan sesuai dengan penjelasan atau konsep
	B : Gambar atau ilustrasi sebagian disajikan sangat jelas dan sesuai dengan penjelasan atau konsep
	C : Gambar atau ilustrasi sebagian disajikan sangat jelas namun belum sesuai dengan penjelasan atau konsep
	K : Gambar atau ilustrasi sebagian disajikan jelas namun

		belum sesuai dengan penjelasan atau konsep
		SK : Gambar atau ilustrasi secara keseluruhan disajikan belum jelas dan belum sesuai dengan penjelasan atau konsep
3.	Kemutakhiran materi	Materi dan kegiatan praktikum yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi terkini (<i>up to date</i>) SB : Jika keseluruhan materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi B : Jika sebagian besar materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi C : Jika sebagian kecil materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi K : Jika sebagian materi yang disajikan belum sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi SK : Jika keseluruhan materi yang disajikan belum sesuai dengan perkembangan keilmuan biologi Uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan relevan dan menarik, mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini SB : Keseluruhan uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan relevan dan menarik, mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini B : Sebagian uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan relevan dan menarik, mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini C : Uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan relevan dan menarik, namun belum mencerminkan peristiwa,

		kejadian dan kondisi terkini
		K : Uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan belum relevan dan menarik, namun mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini
		SK : Uraian, contoh, kegiatan praktikum yang disajikan belum relevan dan menarik, belum mencerminkan peristiwa, kejadian dan kondisi terkini
4. Penunjang keterampilan sains siswa	Kegiatan praktikum yang disajikan memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)	SB : Kegiatan praktikum yang disajikan secara keseluruhan memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) B : Kegiatan praktikum yang disajikan 75% memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) C : Kegiatan praktikum yang disajikan 50% memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) K : Kegiatan praktikum yang disajikan 25% memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) SK : Kegiatan praktikum yang disajikan secara keseluruhan belum memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)
	Penyajian materi dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis	SB : Jika 100% materi yang disajikan dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis B : Jika 75% materi yang disajikan dapat mendorong siswa

untuk berpikir kritis

C : Jika 50% materi yang disajikan dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis

K : Jika 25% materi yang disajikan dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis

SK : Jika 100% materi yang disajikan belum dapat mendorong siswa untuk berpikir kritis

Kegiatan percobaan yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)

SB : Jika keseluruhan kegiatan percobaan yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)

B : Jika 75% kegiatan percobaan yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)

C : Jika 50% kegiatan percobaan yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)

K : Jika 25% kegiatan percobaan yang disajikan memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)

SK : Jika 100% kegiatan percobaan yang disajikan belum memiliki karakteristik 5M (Mengamati, Menanya, Mencoba, Mengasosiasi, Mengkomunikasikan)

Aspek Penyajian

- | | | | |
|----|-----------------------|---|---|
| 5. | Sistematika penyajian | Penyajian materi sistematis, logis dan jelas | SB : Jika 100% penyajian materi sistematis, logis dan jelas |
| | | | B : Jika 75% penyajian materi sistematis, logis dan jelas |
| | | | C : Jika 50% penyajian materi sistematis, logis dan jelas |
| | | | K : Jika 25% penyajian materi sistematis, logis dan jelas |
| | | | SK : Jika 100% penyajian materi belum sistematis, logis maupun jelas |
| | | Penyajian panduan praktikum memenuhi kriteria kelengkapan panduan praktikum | SB : Jika keseluruhan penyajian memenuhi kriteria kelengkapan panduan praktikum |
| | | | B : Jika terdapat satu komponen/konten panduan praktikum yang tidak disajikan |
| | | | C : Jika terdapat dua komponen/konten panduan praktikum yang tidak disajikan |
| | | | K : Jika terdapat tiga atau lebih komponen/konten panduan praktikum yang tidak disajikan |
| | | | SK : Jika keseluruhan komponen/konten yang disajikan bukan merupakan kriteria kelengkapan panduan praktikum |
| 6. | Tampilan umum | Desain buku panduan praktikum konsisten, terformat dan memiliki daya | SB : Jika 100% desain buku panduan praktikum konsisten, |
-

tarik	terformat dan memiliki daya tarik
	B : Jika 75% desain buku panduan praktikum konsisten, terformat dan memiliki daya tarik
	C : Jika 50% desain buku panduan praktikum konsisten, terformat dan memiliki daya tarik
	K : Jika 25% desain buku panduan praktikum konsisten, terformat dan memiliki daya tarik
	SK : Jika keseluruhan desain buku panduan praktikum belum konsisten, terformat maupun memiliki daya tarik
Judul, gambar dan keterangan pada buku sesuai dengan konsep	SB : Jika 100% judul, gambar dan keterangan pada buku sesuai dengan konsep
	B : Jika 75% judul, gambar dan keterangan pada buku sesuai dengan konsep
	C : Jika 50% judul, gambar dan keterangan pada buku sesuai dengan konsep
	K : Jika 25% judul, gambar dan keterangan pada buku sesuai dengan konsep
	SK : Jika keseluruhan judul, gambar dan keterangan pada buku belum sesuai dengan konsep
Pemilihan jenis dan ukuran huruf (<i>font</i>)	SB : Jika 100% pemilihan jenis dan ukuran huruf (<i>font</i>)

konsisten dan mudah dibaca

konsisten dan mudah dibaca

B : Jika 75% pemilihan jenis dan ukuran huruf (*font*)
konsisten dan mudah dibaca

C : Jika 50% pemilihan jenis dan ukuran huruf (*font*)
konsisten dan mudah dibaca

K : Jika 25% pemilihan jenis dan ukuran huruf (*font*)
konsisten dan mudah dibaca

SK : Jika keseluruhan pemilihan jenis dan ukuran huruf (*font*)
belum konsisten

Keselarasan penggunaan warna latar
belakang, warna huruf dan gambar

SB : Jika 100% penggunaan warna latar belakang, warna huruf
dan gambar selaras

B : Jika 75% penggunaan warna latar belakang, warna huruf
dan gambar selaras

C : Jika 50% penggunaan warna latar belakang, warna huruf
dan gambar selaras

K : Jika 25% penggunaan warna latar belakang, warna huruf
dan gambar selaras

SK : Jika 100% penggunaan warna latar belakang, warna huruf
dan gambar belum selaras

7. Kebahasaan	Kalimat menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD)	SB : Jika 100% kalimat menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD) B : Jika 75% kalimat menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD) C : Jika 50% kalimat menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD) K : Jika 25% kalimat menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD) SK : Jika 100% kalimat belum menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar sesuai dengan aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD)
	Kalimat yang digunakan komunikatif dan interaktif	SB : Jika 100% kalimat yang digunakan komunikatif dan interaktif B : Jika 75% kalimat yang digunakan komunikatif dan interaktif C : Jika 50% kalimat yang digunakan komunikatif dan interaktif K : Jika 25% kalimat yang digunakan komunikatif dan

	interaktif
	SK : Jika 100% kalimat yang digunakan belum komunikatif dan interaktif
Pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA	SB : Jika 100% pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA
	B : Jika 75% pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA
	C : Jika 50% pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA
	K : Jika 25% pemilihan kata dan penggunaan kalimat sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA
	SK : Jika 100% pemilihan kata dan penggunaan kalimat belum sesuai dengan kemampuan bahasa tingkat SMA
Bahasa yang digunakan mampu merangsang siswa untuk mempelajari buku secara tuntas	SB : Jika 100% bahasa yang digunakan mampu merangsang siswa untuk mempelajari buku secara tuntas
	B : Jika 75% bahasa yang digunakan mampu merangsang siswa untuk mempelajari buku secara tuntas
	C : Jika 50% bahasa yang digunakan mampu merangsang siswa untuk mempelajari buku secara tuntas
	K : Jika 25% bahasa yang digunakan mampu merangsang

siswa untuk mempelajari buku secara tuntas

SK : Jika 100% yang digunakan belum mampu merangsang siswa untuk mempelajari buku secara tuntas

Aspek kepraktisan/kemudahan

- | | | |
|-------------------------|---|---|
| 8. Kemudahan penggunaan | Kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku mudah untuk dipraktikkan | <p>SB : Jika kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku sangat mudah untuk dipraktikkan</p> <p>B : Jika kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku mudah untuk dipraktikkan</p> <p>C : Jika kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku cukup mudah untuk dipraktikkan</p> <p>K : Jika kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku cukup sulit untuk dipraktikkan</p> <p>SK : Jika kegiatan praktikum yang disajikan dalam buku sangat sulit untuk dipraktikkan</p> |
|-------------------------|---|---|

Data Hasil Pengukuran Parameter pada Masa Retensi 6 dan 12 Hari

LIMBAH	DO (ppm)		BOD (ppm)		pH		TDS		Suhu	
	HARI KE-6	HARI KE-12	HARI KE-6	HARI KE-12	HARI KE-6	HARI KE-12	HARI KE-6	HARI KE-12	HARI KE-6	HARI KE-12
K-10	3.7	3.95	5.75	2.75	7	7	240	226.5	27.4	28.35
K-100	4.05	4.45	7.25	6.25	7	7	250	241	27.35	28.25
G-10	4.2	4.6	1.75	1.5	7	7	269	258	27.3	28.35
G-100	5	5	3.5	1.75	7	7	261.5	277.5	27.2	28.25
E-10	5.3	4.3	5.75	3	7	7	269	258	27.4	28.3
E-100	4	4.4	1.75	1.5	7	7	270	274	27.5	28.25
S-10	4.6	4.4	2.5	2	7	7	250.5	252	27.2	28.2
S-100	4	4.2	2.5	4	7	7	232	233	27.75	28.9

Dokumentasi Penelitian



Lokasi pengambilan air limbah domestik di bantaran Sungai Gajah Wong, Sleman



Pengukuran parameter dilakukan di laboratorium ekologi UIN Sunan Kalijaga

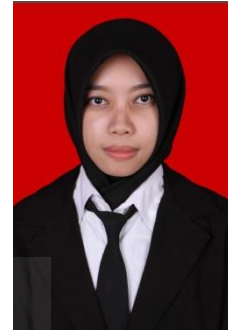


Sampel air limbah yang diambil ditaruh pada botol kaca, dan harus segera dilakukan pengukuran parameter



Eceng gondok yang digunakan pada *treatment* fitoremediasi dengan *wetland system*

CURRICULUM VITAE



I. Identitas Diri

Nama : Putri Fajarwati
 Tempat, tanggal lahir : Klaten, 12 November 1993
 No. HP : 081575738220
 Email : putrifajarwati12@gmail.com
 Alamat : Jl. Wahid Hasyim No.86B, Ngropoh, Condong Catur,
 Depok, Sleman, Yogyakarta

II. Pendidikan Formal

- S1 Pendidikan Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, DIY (2012-2018)
- SMA N 1 Karangnom, Klaten (2008-2011)
- SMP N 4 Klaten, Klaten (2005-2008)
- SD N 1 Gemblegan, Klaten (1999-2005)
- TK Pertiwi Mojayan II, Klaten (1998-1999)

III. Pengalaman Penelitian

- Fitoremediasi dengan *Wetland System* dan Pengembangannya sebagai Bahan Ajar Praktikum Daur Ulang Limbah Kelas X SMA/ MA (2016-2017)

IV. Pengalaman Kerja/ Magang

- Freelance Data entry May Measurement Month 2017, Indonesian Society of Hypertension (Juni 2017)
- Fasilitator Praktikum Mata Kuliah Ekologi UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta (Oktober-Desember 2016)
- Asisten Praktikum Mata Kuliah Kultur Jaringan Tumbuhan Universitas Atma Jaya, Yogyakarta (Agustus-Desember 2016)
- Tentor privat IPA SMP Bimbel Fusi Solution (Januari-Juli 2016)

- Asisten Praktikum Mata Kuliah Kultur Jaringan Tumbuhan UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta (Mei-Juli 2016)
- Magang dan Pengembangan Profesional di Laboratorium Biologi MAN Yogyakarta III, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta (November 2015)
- Program Latihan Profesi di MAN Yogyakarta III, Yogyakarta (Oktober-November 2015)

V. Pengalaman Organisasi/ Kepanitiaan

- Bendahara REMAIS Al Mujahidin (2011-2015)
- *Volunteer* Komunitas Guru Sahabat Murid (2014)
- Bendahara Permadhani GTT (2012-2014)

VI. Sertifikat Penghargaan

- University of Southampton on Future Learn, Developing Your Research Project (average score: 73%) 2017
- University of Leeds on Future Learn, Learning Online: Searching and Researching (average score: 86%) 2017
- University of Leeds on Future Learn, Learning Online: Learning and Collaborating (average score: 86%) 2017
- University of Leeds on Future Learn, Anatomy: Know Your Abdomen (average score: 93%) 2017