

**PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN  
AERASI UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK PADA *CONSTRUCTED WETLAND***

**TUGAS AKHIR**



**RANA FAJRIATY**

**1700825201054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI  
JAMBI  
2022**

**PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN  
AERASI UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK PADA *CONSTRUCTED WETLAND***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RANA FAJRIATY**

**1700825201054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI  
JAMBI  
2022**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN AERASI UNTUK  
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK PADA  
*CONSTRUCTED WETLAND***

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**RANA FAJRIATY  
1706825201054**

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul dan Penyusun sebagaimana tersebut diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, Februari 2022

Pembimbing I

Aneerika Riyanti, ST, M.Si

NIDN. 1016028704

Pembimbing II

  
Marladi, ST, M.Si

NIDN. 1008038002

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN AERASI UNTUK  
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK PADA  
*CONSTRUCTED WETLAND***

Tugas Akhir Ini Telah Diperbaiki Sesuai Berita Acara Program Studi  
Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1700825201054  
Hari/Tanggal : Rabu/ 16 Februari 2022  
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

**TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Ketua :

1. Hadrah, ST, MT  
NIDN. 1020088802

Anggota :

2. Anggrika Riyanti, ST, M.Si  
NIDN. 1010028764

3. Marhadi, ST, M.Si  
NIDN. 1008038002

4. Asih Suzana, ST, MT  
NIDN. 1016068408

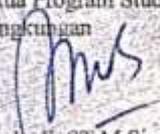
5. Monik Kasman, ST, M.Eng. Sc  
NIDN. 0003088001

**Disahkan Oleh**

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME  
NIDN. 1015126501

Ketua Program Studi Teknik  
Lingkungan

  
Marhadi, ST, M.Si  
NIDN. 1008038002

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rana Fajriaty

NPM : 1700825201054

Judul : PENGARUH PENGGUNAAN  
*BIOCHAR* DAN AERASI UNTUK  
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK  
PADA *CONSTRUCTED WETLAND*

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, Februari 2022

Rana Fajriaty

## ABSTRAK

### PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN AERASI UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK PADA *CONSTRUCTED WETLAND*

Rana Fajriaty; Dibimbing Oleh Anggrika Riyanti, ST, M.Si dan Marhadi, ST, M.Si

IX + 87 Halaman + 11 Tabel + 16 Gambar + Lampiran

## ABSTRAK

Air limbah domestik merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia yang berkaitan dengan pemakaian air seperti mencuci dan mandi yang menghasilkan *grey water*. *Grey water* menyebabkan terjadinya pencemaran yang menimbulkan kerugian apabila dibuang ke lingkungan. Salah satu teknologi untuk pengolahan *grey water* pada air limbah domestik adalah *constructed wetlands*. *Biochar* dan aerasi dinilai mampu menghasilkan efektivitas dalam penyisihan polutan pada air limbah domestik. Pada penelitian ini air limbah akan dilakukan pengolahan dengan sistem *constructed wetland* dengan penggunaan *biochar* dan aerasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *biochar* dan aerasi dalam menurunkan parameter pH, BOD<sub>5</sub> dan amonia pada air limbah domestik pada *constructed wetland*. Pada penelitian menggunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 jam dan 1 jam : 4 jam dengan komposisi media tanam *biochar* 1:1, 1:2 dan 1:3. Konsentrasi awal air limbah domestik BOD<sub>5</sub> yaitu 4041,64 mg/l, Amonia 104,84 mg/l dan pH 8,70. Penggunaan *biochar* dan aerasi untuk pengolahan limbah domestik pada *constructed wetland* dinilai efektif dalam menurunkan parameter pH, BOD<sub>5</sub> dan amonia. Penurunan BOD<sub>5</sub> berada rentang hasil uji akhir 172,23 mg/l-17,58 mg/l dan amonia 91,04 mg/l serta netralisasi pH 7,60-7,17. Variasi waktu aerasi dan komposisi media tanam memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan amonia serta dalam menetralkan pH. Penyisihan terbaik terjadi pada variasi media tanam *biochar* : tanah 1:3 dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dengan efisiensi untuk parameter BOD<sub>5</sub> 99,57% dan amonia 77,26 % sementara netralisasi pH juga terjadi pada variasi yang sama dengan nilai pH 7,17. Penambahan aerasi dan *biochar* yang berlebih ternyata kurang efektif dalam penyisihan parameter di reaktor *constructed wetland* karena dapat mengganggu proses degradasi bahan organik secara anaerob.

**Kata kunci** : sistem *constructed wetland*, *biochar*, aerasi, air limbah domestik, BOD<sub>5</sub>, amonia dan pH

## **ABSTRACT**

*Constructed wetlands are engineered systems designed and built by utilizing natural processes involving plants, growing media, and interrelated microbes for the treatment of domestic wastewater. In this study, wastewater will be treated with a constructed wetland system using biochar and aeration. This study aims to determine the effect of using biochar and aeration in reducing pH, BOD<sub>5</sub>, and Ammonia parameters in domestic wastewater in constructed wetlands. In this study, the variation of aeration time was 1 hour: 2 hours and 1 hour: 4 hours with the composition of the biochar growing media 1:1, 1:2, and 1:3. The initial concentration of domestic wastewater BOD<sub>5</sub> was 4041.64 mg/l, Ammonia 104.84 mg/l, and pH 8.70. The use of biochar and aeration for domestic sewage treatment in constructed wetlands is considered effective in reducing pH, BOD<sub>5</sub>, and ammonia parameters. The decrease in BOD<sub>5</sub> was in the final test results range of 172.23 mg/l-17.58 mg/l and ammonia 91.04 mg/l and pH neutralization 7.60-7.17. Variations in aeration time and composition of growing media gave a significant effect in reducing the concentration of BOD<sub>5</sub> and ammonia and in neutralizing pH. The best removal occurred in the variation of biochar growing media: soil 1:3 with aeration time of 1 hour: 4 hours with efficiency for parameters BOD<sub>5</sub> 99.57% and ammonia 77.26% while pH neutralization also occurred in the same variation with a pH value of 7, 17. The addition of excess aeration and biochar is less effective in removing parameters in domestic wastewater.*

**Keyword :** *Constructed wetland, biochar, aeration, domestic wastewater, BOD<sub>5</sub>, ammonia dan pH*

## PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia beserta rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada *Constructed Wetland*”. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan Tugas Akhir pada program Strata-1 di program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari Jambi.

Tugas akhir ini disusun atas kerjasama dan berkat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis dengan setulus hati mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
2. Bapak Marhadi, ST, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan dan selaku Pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan bimbingan.
3. Ibu Anggrika, ST, M.Si selaku Pembimbing I yang selalu memberikan arahan dan bimbingan.
4. Kedua Orang Tua yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan
5. Seluruh staf pengajar yang telah memberikan ilmu sejak awal perkuliahan di jurusan Teknik Lingkungan Universitas Batanghari
6. Seluruh karyawan dan tata usaha yang membantu dalam bidang administrasi selama perkuliahan.

7. Briptu Refzon Putra yang senantiasa memberikan semangat dalam melakukan penelitian tugas akhir.
8. Rekan-rekan Program Teknik Lingkungan Universitas Batanghari angkatan 2017 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, serta semua pihak yang ikut memberikan semangat, dukungan dan saran.

Dalam penyusunan tugas akhir, penulis menyadari adanya keterbatasan di dalam penyusunan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proposal tugas akhir ini.

Jambi, Februari 2022

Penulis

RANA FAJRIATY  
1700825201054

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rana Fajriaty

NIM : 1700825201054

Judul :PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN AERASI  
UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK PADA  
*CONSTRUCTED WETLAND*

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, Februari 2022

Penulis

Rana Fajriaty

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
PRAKATA.....	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Air Limbah .....	7
2.1.1 Air Limbah .....	7
2.1.2 Air Limbah Domestik .....	7
2.1.3 pH.....	8
2.1.4 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD, BOD <sub>5</sub> , BOD <sub>10</sub> ).....	8
2.1.5 Amoniak (NH <sub>3</sub> ) .....	10
2.1.6 Sumber Air Limbah .....	11
2.2 Fitoremediasi.....	12
2.3 <i>Constructed Wetland</i> .....	13
2.2.1 Definisi <i>Constructed Wetland</i> .....	13
2.3.2 <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i> .....	14
2.3.3 <i>Vertikal Flow Subsurface Flow Constructed Wetland</i> .....	15
2.4 <i>Tanaman Keladi (Syngonium Polophyllum)</i> .....	16
2.5 <i>Biochar</i> .....	17
2.5.1 Pengertian <i>Biochar</i> .....	17
2.5.2 <i>Biochar</i> Tatal Karet .....	18
2.5.3 <i>Biochar</i> Untuk Pengolahan Air Limbah .....	19
2.5.4 Manfaat <i>Biochar</i> .....	19
2.6 Sistem Aerasi .....	20
2.6 Filtrasi .....	22
2.7 Hasil Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	28

3.2 Variabel Penelitian.....	28
3.3.1 Variabel Bebas .....	28
3.3.2 Variabel Terikat .....	28
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.4 Data Penelitian .....	29
3.3.1 Data Primer .....	29
3.3.2 Data Sekunder .....	29
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	30
3.6 Persiapan Eksperimen .....	31
3.6.1 Pembuatan <i>Biochar</i> .....	31
3.6.2 Pengambilan Sampel .....	32
3.6.3 Aklimatisasi Tanaman Keladi .....	32
3.7 Persiapan Peralatan dan Bahan Eksperimen .....	33
3.7.1 Peralatan yang akan Digunakan .....	33
3.7.2 Bahan yang akan Digunakan .....	33
3.8 Eksperimen Penelitian .....	34
3.9 Pengujian Sampel Air Limbah .....	37
3.10 Hasil Analisis Data .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Uji Parameter Awal Air Limbah Domestik.....	39
4.2 Hasil Uji Penurunan Konsentrasi Pada Air Limbah Domestik.....	40
4.2.1 Aklimatisasi Tanaman Keladi ( <i>Syngonium polophyllum</i> )... ..	40
4.2.2 Hasil Uji Parameter Blanko .....	41
4.2.3 Efektivitas Penggunaan <i>Biochar</i> dan Aerasi Pada Reaktor Uji .....	44
4.2.4 Hasil Efisiensi Penyisihan Pada Reaktor Uji .....	46
4.2.5 Pengaruh Variasi Waktu Aerasi dan Komposisi Media Tanam Pada <i>Constructed Wetland</i> .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Representasi Fitoremediasi .....	12
Gambar 2.2 <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i> .....	14
Gambar 2.3 <i>Horizontal Flow Subsurface Flow Constructed Wetland</i> .....	15
Gambar 2.4 Tanaman Keladi Singonium ( <i>Syngonium Polophyllum</i> ).....	16
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 3.3 <i>Furnance</i> (pirolisator) .....	31
Gambar 3.4 Desain <i>Constructed Wetland</i> Blanko 1 .....	34
Gambar 3.5 Desain <i>Constructed Wetland</i> Blanko 2 .....	35
Gambar 3.5 Desain <i>Constructed Wetland</i> Media Tanam <i>Biochar</i> dan Aerasi .....	36
Gambar 4.1 Waktu Aerasi 1 Jam : 2 Jam Pada Netralisasi pH.....	47
Gambar 4.2 Waktu Aerasi 1 Jam : 4 Jam Pada Netralisasi pH.....	48
Gambar 4.3 Waktu Aerasi 1 Jam : 2 Jam Pada Netralisasi BOD <sub>5</sub> .....	49
Gambar 4.4 Waktu Aerasi 1 Jam : 4 Jam Pada Netralisasi BOD <sub>5</sub> .....	50
Gambar 4.5 Waktu Aerasi 1 Jam : 2 Jam Pada Netralisasi Amoniak.....	52
Gambar 4.4 Waktu Aerasi 1 Jam : 4 Jam Pada Netralisasi Amoniak.....	53

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	8
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanaman Keladi .....	17
Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu .....	24
Tabel 3.1 Variasi <i>Constructed Wetland</i> Blanko 1 Tanpa Aerasi .....	34
Tabel 3.2 Variasi <i>Constructed Wetland</i> Blanko 2 Tanpa <i>Biochar</i> .....	35
Tabel 3.3 Variasi waktu aerasi dan komposisi media tanam Pada <i>constructed wetland</i> .....	36
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Awal Air Limbah Domestik .....	39
Tabel 4.2 Kondisi Tanaman Keladi <i>Syngonium</i> .....	40
Tabel 4.3 Hasil Analisis Blanko .....	41
Tabel 4.4 Hasil Uji Konsentrasi Pada <i>Biochar</i> dan Aerasi .....	44
Tabel 4.5 Hasil Efisiensi Penyisihan .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Hasil Uji Sampel Awal.....	59
Lampiran 2 : Hasil Uji Sampel Blanko.....	60
Lampiran 3 : Hasil Uji Sampel Akhir.....	61
Lampiran 4 : Perhitungan Efisiensi Penyisihan Konsentrasi BOD dan Amoniak.....	62
Lampiran 5 : Dokumentasi Eksperimen Penelitian.....	64
Lampiran 6 : Surat Keputusan Tugas Akhir.....	66
Lampiran 7 : Halaman Asistensi Tugas Akhir.....	68
Lampiran 8 : Undangan Tugas Akhir.....	79
Lampiran 9 : Penunjukkan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir Mahasiswa.....	80
Lampiran 10 : Berita Acara Sidang Tugas Akhir.....	81
Lampiran 11 : Lembar Revisi Sidang Tugas Akhir.....	83
Lampiran 12 : Form Penilaian Sidang Tugas Akhir.....	84

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik merupakan air buangan yang dihasilkan dari berbagai bentuk kegiatan rumah tangga yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air seperti mencuci dan mandi. Air buangan rumah tangga atau air limbah domestik dominan dihasilkan manusia (Yudo & Said, 2017). Hal ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran yang menimbulkan kerugian apabila dibuang kelingkungan. Sumber limbah domestik dapat berasal dari permukiman, perkantoran, restoran dan sarana sejenis yang menghasilkan air limbah berupa *black water* dan *grey water*. *Black water* berasal dari limbah kakus seperti tinja (*feses*) dan air seni (*urine*) sedangkan *grey water* adalah limbah domestik yang berasal dari aktivitas mencuci dan kegiatan dapur pada permukiman atau industri.

Salah satu teknologi untuk pengolahan *grey water* pada air limbah domestik tersebut adalah Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*) dengan memanfaatkan tanaman dan media tanam. *Constructed wetlands* adalah sistem rekayasa yang didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan akar tumbuhan, tanah dan mikroba yang saling berhubungan untuk pengolahan pada air limbah domestik. *Constructed Wetland* dibagi dalam dua jenis berdasarkan alirannya, yaitu sistem aliran permukaan (*surface flow*) dan sistem aliran bawah permukaan (*sub surface flow*). Sistem

lahan basah aliran bawah permukaan (*sub surface flow*) memiliki keunggulan dimana tumbuhan dapat hidup pada lahan yang basah. pada setiap akar tumbuhan terdapat mikroba akar yang mengonsumsi eksudat tumbuhan untuk menyerap polutan (Supradata, 2005).

Keladi singonium (*syngonium polophyllum*) merupakan tumbuhan yang memiliki daun berwarna hijau dengan tepi helaian daun rata, memiliki perakaran yang banyak dan tahan hidup di air yang tergenang. Menurut penelitian Hamdani (2013), tanaman yang mempunyai *rhyzosfera* dan sistem perakaran yang banyak, dapat menyerap zat organik dibadan air. Keladi singonium digunakan pada penelitian ini karena tanaman tersebut memiliki sistem perakaran yang banyak dan belum digunakan dalam penelitian *constructed wetland* lainnya. Untuk dapat menambah kemampuan tumbuhan dalam menyerap polutan, maka dikombinasikan dengan adsorpsi *biochar*. Dimana pada penelitian ini menggunakan limbah tatal karet (Setriani, 2019).

Media tanam memiliki peran penting dalam proses *constructed wetlands* karena berinteraksi langsung dengan polutan melalui proses penyerapan. Pemanfaatan *biochar* tatal karet sebagai media tanam merupakan salah satu upaya mengurangi limbah yang terbuang ke lingkungan. *Biochar* adalah produk kaya karbon yang dibentuk oleh pirolisis biomassa dalam kondisi anaerobik (Hou dkk., 2015). Penggunaan *biochar* tatal karet sebagai media tanam pada lahan basah mampu meningkatkan penyisihan parameter pencemar dalam air limbah domestik. Menurut (Gupta dkk., 2016), *constructed wetland* menggunakan media *biochar* dengan waktu tinggal 3 hari memiliki efisiensi penghilangan BOD<sub>5</sub>

sebesar 91,3% sedangkan (Vijay dkk., 2017) penggunaan media *biochar* dan tanah dengan waktu tinggal 24 jam memiliki efisiensi penyisihan BOD<sub>5</sub> sebesar 95%

Pada pengolahan air limbah domestik proses aerasi merupakan salah satu *treatment* dalam pengolahan air limbah domestik. Proses aerasi membantu mencukupi kebutuhan oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan pencemar dengan memasukkan oksigen ke dalam pengolahan air limbah. Berdasarkan penelitian (Astuti dkk., 2017), pemakaian aerasi pada *constructed wetland* untuk pengolahan air limbah domestik kantin memiliki efisiensi pengolahan BOD<sub>5</sub> berkisar 54,8%-63,7%. Hal ini menunjukkan bahwa aerasi efektif untuk menyisihkan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Menurut (Hidayah dkk., 2018), reaktor *constructed wetland* menggunakan aerasi dengan waktu tinggal 4 hari pada air limbah domestik memiliki kemampuan menurunkan BOD<sub>5</sub> 96% dan ammonia 97%.

Pemilihan parameter BOD<sub>5</sub> dan amonia pada penyisihan air limbah domestik dikarenakan, Menurut (Hidayah dkk., 2018) dan (Asmoro & Al Kholif, 2016) parameter BOD<sub>5</sub> pada *grey water* memiliki konsentrasi berkisar 105,5 mg/l – 175,3 mg/l dan amoniak 28,7 mg/l – 45,5 mg/l. Nilai tersebut melebihi dari baku mutu air limbah domestik pada PermenLHK No.P 68 tahun 2016 sehingga perlu dilakukan adanya penurunan pada konsentrasi tersebut.

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh penggunaan *biochar* dan aerasi dalam menurunkan parameter pH, BOD<sub>5</sub> dan Amoniak pada air limbah domestik pada *constructed wetland*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana efektivitas penggunaan *biochar* dan aerasi pada *constructed wetland* terhadap penurunan BOD<sub>5</sub> dan amoniak serta netralisasi pH pada air limbah domestik.
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi *biochar* dan aerasi pada media tanam *constructed wetland* terhadap penurunan BOD<sub>5</sub> dan amoniak serta netralisasi pH pada air limbah domestik.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui efektivitas penggunaan *biochar* dan aerasi pada *constructed wetland* terhadap penurunan BOD<sub>5</sub> dan amoniak serta netralisasi pH pada air limbah domestik.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi *biochar* dan aerasi pada media tanam pada *constructed wetland* terhadap penurunan BOD<sub>5</sub> dan amoniak serta netralisasi pH pada air limbah domestik.

## **1.4 Batasan Masalah Penelitian**

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Batanghari Jambi.
2. Tanaman yang digunakan adalah jenis keladi (*Syngonium polophyllum*).
3. Pembuatan *biochar* tatal karet dilakukan di Laboratorium Energi dan Nano Material Universitas Jambi

4. Sampel air limbah menggunakan *grey water* air limbah domestik komunal di RT 05, Kelurahan Olak Kemang, Kecamatan Danau Teluk, Kota Jambi.
5. Parameter baku mutu air limbah yang diuji adalah pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.P 68 Tahun 2016.
6. Menggunakan reaktor dengan sistem *batch*.
7. Variasi *on* waktu sistem aerasi yang digunakan 1 jam.
8. variasi *off* waktu sistem aerasi yang digunakan 2 jam dan 4 jam.
9. Variasi media tanam *biochar* dengan tanah *ultisol* yaitu berbanding 1:1, 1:2, dan 1:3.
10. Waktu tinggal air limbah pada *constructed wetland* adalah 2 hari.
11. Laju max aerasi 2 x 4L/Menit.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah penulisan proposal tugas akhir, maka sistematika laporan ini disusun sebagai berikut :

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab I, menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab II, menguraikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini

**BAB II : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab III, menjelaskan tentang metode penelitian yang akan digunakan.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab IV, dibahas mengenai proses dan hasil penelitian, pengolahan data serta pembahasan mengenai hasil penelitian.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada V, berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Limbah**

##### **2.1.1 Air Limbah**

Air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perkotaan, perdagangan, dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada (Eddy dkk., 2014)

##### **2.1.2 Air Limbah Domestik**

Menurut PermenLHK No.P 68 tahun 2016 air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Sedangkan yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Baku mutu air limbah domestik yaitu pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, minyak dan lemak, amoniak dan Total Coliform. Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan.

Berikut standar baku mutu pada air limbah domestik :

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 – 9
BOD <sub>5</sub>	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Colifrom	Jumlah/100 mL	3000
Debit	L/ orang / hari	100

Sumber : PermenLHK No.P 68 tahun 2016

### 2.1.3 pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. Nilai pH normal adalah 7 sementara bila nilai pH lebih besar dari 7 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai pH lebih kecil dari 7 menunjukkan zat tersebut bersifat asam.

### 2.1.4 *Biological Oxygen Demand* (BOD, BOD<sub>5</sub>, BOD<sub>20</sub>)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis (KOB) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik didalam air. Apabila kadar BOD<sub>5</sub> tinggi menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik dalam air tersebut tinggi maka didalam air telah terjadi defisit oksigen. Berdasarkan PermenLHK No.P 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum BOD yaitu 30 mg/L

Menurut (Fachrurozi dkk., 2010), BOD didefinisikan sebagai oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang ada di dalam air. Uji BOD dilakukan untuk mengetahui beban pencemaran akibat air buangan penduduk maupun perindustrian. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik dibutuhkan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya dari proses oksidasi.

Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk memecah atau mendegradasi senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme disebut dengan kebutuhan oksigen biologis (BOD - *Biochemical Oxygen Demand*). Oleh karena itu kondisi limbah organik dinyatakan dalam bentuk BOD. Standart pengukuran BOD adalah pada temperatur 20°C dan waktu 5 hari dikenal dengan BOD<sub>5</sub> karena melibatkan mikroorganisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD<sub>5</sub> memang cukup memerlukan waktu.

Proses oksidasi biokimia terjadi lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95 – 99 %, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 – 70 % bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf dkk., 1991). Bisa saja BOD ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebutkan lama waktu tersebut dalam nilai yang dilaporkan (misal BOD<sub>7</sub>, BOD<sub>10</sub>) agar tidak salah dalam interpretasi atau membandingkan.

BOD<sub>5</sub> merupakan penentuan kadar BOD baku yaitu pengukuran jumlah oksigen yang dihabiskan dalam waktu lima hari oleh mikroorganisme pengurai secara aerobik dalam suatu volume air pada suhu 20 C°. BOD<sub>5</sub> 500mg/liter (atau

ppm) berarti 500 mgram oksigen akan dihabiskan oleh mikroorganisme dalam satu liter contoh air selama waktu lima hari pada suhu 20°C.

Apabila kadar BOD<sub>5</sub> semakin tinggi maka kehidupan di perairan semakin terancam dapat mengakibatkan kematian ikan secara total yang disebabkan kekurangan oksigen terlarut. Habisnya oksigen terlarut menyebabkan tumbuhnya mikroorganisme anaerob beserta hasil metabolismenya yang akan menyebabkan bau.

### **2.1.5 Amoniak (NH<sub>3</sub>)**

Salah satu parameter pencemaran air ialah amoniak (NH<sub>3</sub>). Amoniak (NH<sub>3</sub>) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pada pH rendah yang disebut dengan ammonium. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja dan juga dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis, yang berasal dari air alam atau buangan industri ataupun limbah domestik. Amoniak dalam air limbah domestik berasal dari air seni, tinja, mencuci, mandi dan kegiatan lainnya yang menghasilkan air limbah domestik. Sumber amoniak yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari limbah. Kadar amoniak yang tinggi selalu menunjukkan adanya pencemaran.

Berdasarkan PermenLHK No.P 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum pada amoniak yaitu 10 mg/L. Keberadaan amoniak dalam air sungai yang melebihi baku mutu dapat menyebabkan terganggunya ekosistem perairan dan makluk hidup lainnya sehingga amoniak sangat beracun bagi hampir semua organisme.

Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi atau reaksi hipoklorit. Limbah yang mengandung amoniak sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Pada konsentrasi lebih tinggi yaitu 400-700 ppm dapat mengakibatkan kerusakan permanen akibat iritasi pada organ mata dan pernafasan (Effendi, 2003). Jika terlarut di perairan akan meningkatkan konsentrasi amoniak yang menyebabkan keracunan bagi hampir semua organisme perairan (Murti & Purwanti, 2014).

Dampak amoniak yang cukup tinggi dapat bersifat racun bagi ikan karena mengganggu proses pengikatan oksigen dalam darah. Kadar maksimum amoniak dalam perairan yakni 0,2 mg/L, selebihnya itu maka amoniak dapat bersifat racun (Minggawati & Saptono, 2012).

### **2.1.6 Sumber Air Limbah**

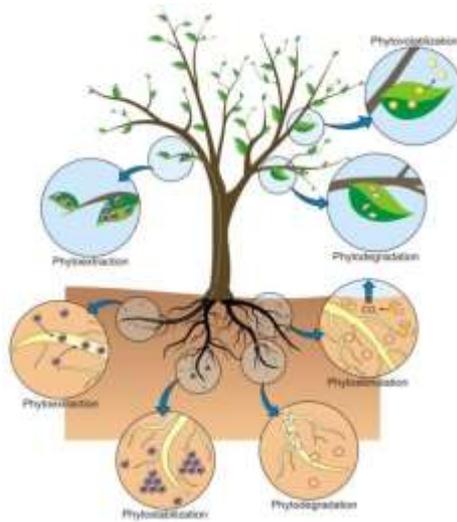
Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Air limbah domestik dapat dikelompokkan dalam 2 jenis, yaitu:

- a. *Grey water*, merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Grey water* sering juga disebut dengan istilah *sullage*.
- b. *Black water*, Tinja (*faeces*), berpotensi mengandung mikroba pathogendan air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen (N) dan Fosfor, serta mikroorganisme (Mende dkk., 2015)

## 2.2 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik menggunakan kolam buatan atau secara langsung di lapangan pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah.



Sumber: (Favas dkk., 2014)

Gambar 2.1 Skema Representasi Fitoremediasi

Berdasarkan gambar diatas, menunjukkan skema representasi tumbuhan dalam mereduksi polutan melalui proses meliputi :

- 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.
- Phytodegradation (phytotransformation)*, yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi

pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi

- c. *Pytostimulation*, yaitu pelepasan senyawa mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan,
- d. *Phytostabilization*, yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media,
- e. *Phytoextrction*, yaitu proses tumbuhan menghilangkan unsur atau senyawa yang berbahaya dari tanah atau air, yang memiliki kepadatan tinggi melalui akar maupun daun.

## **2.3 Constructed Wetlands**

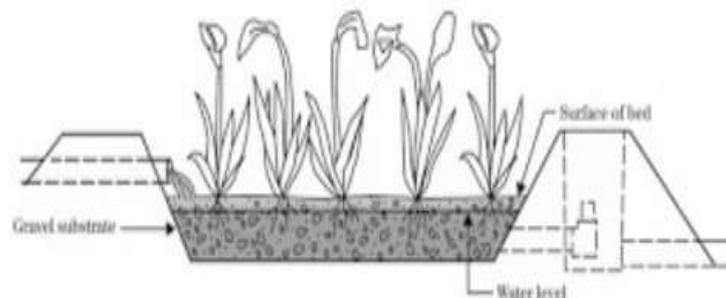
### **2.3.1 Definisi Constructed Wetland**

Constructed Wetland adalah sistem yang dirancang dengan memanfaatkan proses ilmiah yang melibatkan tanah, tanaman dan mikroba untuk membantu proses dalam *constructed wetland*. *Constructed wetland* merupakan salah satu instalasi pengolahan air limbah yang memiliki keuntungan dari segi biaya yang lebih murah, perawatan yang lebih mudah. Kualitas air limbah yang keluar dari sistem ini dapat dikontrol/diatur sesuai dengan yang dikehendaki oleh pembuatnya hal ini dikarenakan sistem pengolahan ini direncanakan untuk suatu

tujuan pengolahan limbah. Perencanaan *constructed wetland* meliputi perencanaan debit limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman, dan lain-lain sehingga dalam proses wetlands terdapat proses pengolahan limbah yang terintegrasi antara proses pengolahan limbah dengan filtrasi, sedimentasi serta degradasi secara biologi untuk memisahkan berbagai polutan yang ada dalam air limbah.

Constructed Wetlands umumnya dibagi dalam dua jenis berdasarkan alirannya, yaitu Sistem Aliran Permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) dan Sistem Aliran Bawah Permukaan (*Subsurface Flow Constructed Wetland*).

### 2.3.2 *Subsurface Flow Constructed Wetland*



Gambar 2.2 *Subsurface Flow Constructed Wetland* (Victor dkk., 2016)

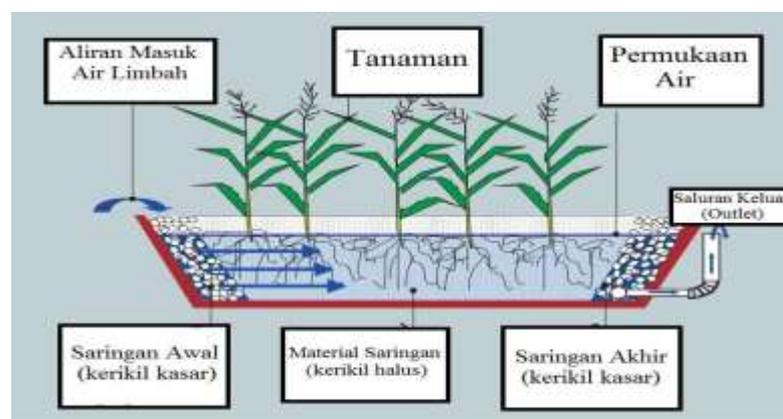
Sistem *constructed wetland* dengan aliran *subsurface Flow Constructed Wetland* umumnya dibangun dengan bahan yang berpori seperti tanah, pasir atau kerikil sebagai media tanam. Aliran air limbah pada sistem ini mengalir dibawah permukaan air dan masuk melalui substrat secara horizontal maupun vertikal.

Berdasarkan sistem aliran dasar *Subsurface Flow Constructed Wetland* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *Horizontal Flow Subsurface Flow Constructed Wetland* dan *Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland* (Halverson, 2004)

### 2.3.3 Vertikal Flow Subsurface Flow Constructed Wetland

Instalasi ini memiliki sistem aliran dibawah permukaan air secara vertikal melalui media filter. Tanaman yang digunakan dalam instalasi ini adalah tanaman yang muncul diatas permukaan dan tidak memungkinkan untuk menggunakan tanaman yang mengapung maupun tanaman yang tidak muncul di permukaan air (Gauss, 2008). Peran penting tanaman dalam instalasi ini adalah untuk penyediaan substrat (akar) untuk pertumbuhan bakteri yang menempel dan menyerap unsur hara dan sebagai pendukung proses penyerapan air limbah

Menurut (Vymazal, 2010), VFSFCW sangat efektif dalam menghilangkan kontaminan organik dan padatan tersuspensi. Berdasarkan penelitian (Pasek dkk., 2018) yang menggunakan tanaman serai (*Cymbopogon flexuosus*) dalam pengolahan air limbah domestik menggunakan instalasi VFSFCW, dapat menurunkan kekeruhan sebesar 76%, COD sebesar 73%, BOD<sub>5</sub> sebesar 80%, fosfat sebesar 41% dan TSS sebesar 73%.



Gambar 2.3 *Horizontal Flow Subsurface Flow Constructed Wetland* (Gauss, 2008)

## 2.4 Tanaman Keladi (*Syngonium polophyllum*)



Gambar 2.4 Tanaman Keladi (*Syngonium Podophyllum*)  
(Dokumentasi ,2021)

*Syngonium* berasal dari keluarga *Araceae* merupakan tanaman tropis yang tumbuh di Meksiko Selatan dan beberapa wilayah di Amerika Selatan. Tanaman ini memiliki daun yang berubah, dari bentuk panah menjadi lima bentuk lobus saat matang. *Syngonium podophyllum* adalah salah satu jenis tanaman hias yang cukup umum untuk dibudidayakan dengan memiliki ciri daun berbentuk hati dengan warna-warna yang beragam. Daya Tarik tanaman *syngonium* ini memiliki dedaunan yang corak warna nya beragam sehingga terlihat menarik seperti kehijauan, putih susu dan merah muda. Selain dapat memperindah ruangan dan menambah estetika *syngonium* memiliki antioksidan yang bermanfaat dalam mengkal radikal bebas.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanaman Keladi  
(*Syngonium Polophyllum*)

Kingdom	<i>Plantae</i>
Sub kingdom	<i>Tracheobionta</i>
Super divisi	<i>Spermatophyta</i>
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Liliopsida</i>
Sub kelas	<i>Alismatidae</i>
Ordo	<i>Alismatales</i>
Famili	<i>Alismataceae</i>
Genus	<i>Echinodorus</i>
Spesies	<i>Echinodorus palaefolius</i>

## 2.5 Biochar

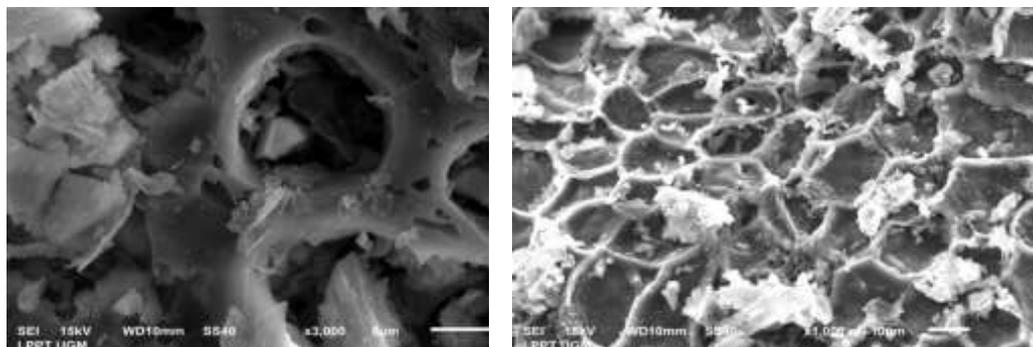
### 2.5.1. Pengertian Biochar

*Biochar* merupakan hasil pembakaran limbah organik dengan metode pembakaran dengan suplai oksigen yang terbatas (*pyrolysis*). *Pyrolysis* adalah proses dekomposisi dengan pembakaran namun ketersediaan oksigen terbatas. Pembakaran dapat dilakukan dengan alat pitolisator dengan suhu 250-350 C° selama kurang lebih 1- 4 jam tergantung pada biomassa yang dibutuhkan dan alat yang digunakan. Dalam pembuatan *biochar* meliputi proses dekomposisi termal yaitu pembakaran biomassa dalam kondisi tanpa udara untuk menghindari penguapan gas-gas dan menyisakan karbon. Proses produksi biochar dapat menggunakan limbah pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tatal karet, sekam padi, kulit kayu, dan bahan organik daur ulang lainnya (Gani, 2009).

### 2.5.2. Biochar Tatal Karet

*Biochar* merupakan hasil konversi dari limbah organik dengan menggunakan metode pembakaran tidak sempurna dengan suplai oksigen terbatas (*pyrolysis*). *Biochar* bisa dibuat dari berbagai bahan dasar seperti cangkang kelapa sawit, sekam padi dan batok kelapa. Namun penelitian ini menggunakan tatal karet sebagai bahan dasar pembuatan *biochar*. Pemilihan tatal karet sebagai bahan dasar *biochar* karena tatal karet dinilai belum banyak dimanfaatkan sehingga akan menimbulkan limbah yang tidak terolah.

Berdasarkan uji SEM EDX Mapping yang dilakukan pada penelitian terdahulu oleh Fitria (2021) terlihat dari perbesaran 1000x dan 3000x sebagai berikut:



(a)

(b)

Gambar 2.5 (a) Morfologi *biochar* non aktifasi ukuran pori 10 $\mu$ m, panjang 10 mm dan perbesaran 1000x. (b) Morfologi *biochar* non aktifasi ukuran pori 5 $\mu$ m, panjang 10 mm dan perbesaran 3000x.

Menurut penelitian Fitria (2021), suhu yang digunakan untuk membuat *biochar* yaitu 350°. Dengan menggunakan suhu 350° tersebut dapat membakar *biochar* secara optimal. Jika suhu diatas 350 ° tatal karet akan hangus dan menjadi abu.

### **2.5.3 Biochar Untuk Pengolahan Air Limbah**

*Biochar* adalah limbah biomassa pertanian yang multifungsi dapat dimanfaatkan dibidang pertanian dan lingkungan serta memiliki kemampuan memulihkan kontaminan organik dan anorganik. Selain itu biochar diketahui memiliki struktur yang sangat berpori, mengandung berbagai fungsi dan efektif dalam adsorpsi. *Biochar* termasuk kategori bahan ramah lingkungan yang dapat diperbaharui dan sebagai salah satu alternative pengolahan air limbah.

Berdasarkan penelitian (Deng dkk., 2019) dengan ditambahkan biochar memberikan efisiensi penghilangan amonium yang lebih tinggi (49,69%–63,51%) dan nitrogen total (81,83%–86,36%), dibandingkan dengan SFCW yang kerikil murni untuk amonium (47,40%) dan nitrogen total (80,75%). Sedangkan (Vijay dkk., 2017) diketahui efisiensi penyisihan BOD<sub>5</sub> dan COD yang menggunakan media campuran *biochar* dan tanah dengan waktu tinggal 24 jam masing-masing adalah 95% dan 86%.

### **2.5.4 Manfaat Biochar**

Biochar memiliki manfaat dapat meningkatkan kualitas tanah dan digunakan sebagai salah satu alternatif untuk pembenah tanah. Menurut (Gupta dkk., 2016) *biochar* merupakan limbah biomassa pertanian multifungsi untuk aplikasi pertanian dan lingkungan serta memiliki kemampuan untuk memulihkan kontaminan organik dan anorganik. Pemberian biochar ke tanah berpotensi meningkatkan kadar tanah, retensi air dan unsur hara di dalam tanah. *Biochar* memiliki beberapa manfaat, diantaranya :

1. Dapat digunakan sebagai pendamping pupuk untuk meningkatkan efisiensi pupuk tanaman dan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah sehingga merangsang pertumbuhan akar tanaman.
2. Memiliki kandungan karbon yang tinggi lebih dari 50%.
3. Memiliki daya serap yang tinggi sehingga mampu menyerap dan mengikat pencemar dengan baik

## 2.6 Sistem Aerasi

Sistem aerasi adalah salah satu usaha pengolahan limbah cair dengan menambahkan oksigen kedalam limbah cair tersebut dengan tujuan untuk menambah jumlah oksigen terlarut, menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan menghilangkan timbulnya bau. penambahan oksigen dilakukan sebagai salah satu cara menyisihkan zat pencemar yang tergantung di dalam air sehingga konsentrasi zat pencemar akan menurun. Pada pelaksanaannya terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen kedalam air yaitu dengan memasukkan udara ke dalam air dan atau memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen . Tujuan utama proses aerasi ialah agar oksigen di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan.

Berdasarkan penelitian (Ji dkk., 2020) lahan basah buatan aliran bawah permukaan berbasis *biochar* dan *ceramsite sand* yang dioperasikan dengan 3 rasio *on/off* waktu aerasi yaitu 2 jam :2 jam, 2 jam :4 jam, 1 jam :5 jam memberikan hasil yang lebih unggul untuk desentralisasi nitrogen air limbah pada fase II yaitu  $92,3 \pm 4,7\%$ . Hal ini dikarenakan waktu detensi yang rendah pada proses anoksik juga akan mengganggu penyisihan. Jika waktu detensi anoksik

rendah maka effluent konsentrasi organik akan meningkat serta menghambat proses desentralisasi.

Dalam penambahan aerasi untuk pengolahan air limbah domestik menggunakan *constructed wetlands* mampu meningkatkan penyisihan BOD<sub>5</sub> jika dibandingkan dengan sistem lahan basah buatan tanpa tambahan aerasi. Penyisihan pencemar organik dengan waktu detensi 4 hari, mampu mencapai penyisihan pencemar organik 91,2-94,9% atau kualitas efluen sebesar 4,1- 7,1 mg/L (Panelin, 2016).

Usaha penambahan oksigen kedalam air limbah dapat melalui 2 cara, yaitu:

1. Memasukkan udara ke dalam air limbah

Memasukkan udara kedalam air limbah adalah proses memasukkan udara kedalam air limbah melalui *nozzle*. Apabila *nozzle* diletakkan ditengah-tengah maka akan meningkatkan kecepatan berkontaknya gelembung udara tersebut dengan air limbah, sehingga proses pemberian oksigen menjadi lebih cepat.

2. Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Memaksakan air ke atas untuk berkontak dengan oksigen dilakukan dengan cara mengontakkan air limbah melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah. Tujuan dari pemutaran air limbah ini agar air limbah naik keatas sehingga air limbah akan berkontak langsung dengan udara disekitarnya.

## 2.7 Filtrasi

Filtrasi adalah penyaringan air limbah dengan menggunakan media filter seperti tanah, pasir, kerikil dan lain-lain. Mekanisme proses filtrasi yaitu:

1. Proses pengendapan pada permukaan media berpori
2. Proses biologi yaitu dengan adanya bakteri yang mengambil kotoran-kotoran dari air limbah untuk dimakan
3. Proses penyerapan di pori-pori dari media fitrasi

Media filter adalah suatu lapisan berpori yang terbentuk dari bahan-bahan seperti tanah, pasir, kerikil, dan lain-lain. Media tanam ini akan menahan semua partikel yang mempunyai ukuran lebih besar pori-porinya.

Dalam pengolahan air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut :

1. Besar kecilnya ukuran media

Besar kecilnya ukuran media sangat berpengaruh dalam lolos atau tidak tertahannya suatu zat yang ada didalam air.

2. Ketebalan media

Semakin tebal media, maka luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh air semakin lama.

3. Kecepatan

Kecepatan akan mempengaruhi lamanya operasi filtrasi dan adsorpsi, agar lamanya operasi saringan dapat diperpanjang diperlukan adanya tekanan pada permukaan lapisan media dengan menambah ketinggian air diatas lapisan media.

4. Temperatur

Temperatur akan berpengaruh terhadap aktivitas bakteri serta metabolisme.

5. Waktu kontak

Semakin tebal media saring yang digunakan, maka waktu kontak yang terjadi antara media filter dengan air semakin panjang.

## 2.8 Hasi Penelitian terdahulu

Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Metode	Hasil Analisis
1	Euis Nurul Hidayah, Andryansah Djalalembah, Gina Apriliana Asmar, Okik Hendriyanto C. (2018)	Pengaruh aerasi dalam <i>constructed wetland</i> pada pengolahan air limbah domestik	Air limbah dialirkan pada reaktor dengan waktu tinggal 2 hari dan 3 hari dengan variasi aerasi dan efisiensi pencemar diukur dengan parameter BOD dan Amonia	Penelitian dilakukan untuk mengetahui efisiensi <i>constructed wetland</i> dengan tanaman <i>irispseudoacorus</i> untuk mengolah limbah domestik, menentukan bagaimana pengaruh dari adanya aerasi dan pengaruh waktu tinggal. Hasil penelitian menunjukkan <i>constructed wetland</i> dengan tambahan aerasi dan waktu tinggal 4 hari menurunkan BOD 96% dan amonia 97%.
2	NR Dewi, R Hadi Seobroto dan MF Fachrul	Penghapusan parameter amonia dan fosfat dari <i>grey water</i> menggunakan <i>vetiveria zizanioides</i> dilahan basah buatan aliran dibawah permukaan	Lahan basah buatan menggunakan tanaman akar wangi untuk mengetahui efisiensi penyisihan <i>grey water</i> dengan waktu tinggal 2 hari	Menggunakan lahan basah buatan yang dibangun di bawah permukaan menggunakan tanaman akar wangi ( <i>vetiveria zizanioides</i> ) untuk mengetahui efisiensi parameter amonia dan fosfat. Hasil penelitian menunjukkan parameter amonia dapat dihilangkan 10% sedangkan fosfat 30%. untuk mencapai baku mutu disarankan

			menambah <i>pre-treatment</i> aerasi untuk lahan basah
3	Chaoren Deng, Lei Huang, Yinkun Liang, Hongyu Xiang, Jie Jiang, Qinghua Wang, Jie Hou.	Respon mikroba terhadap <i>biochar</i> dalam penghilangan nitrogen lahan basah buatan aliran bawah permukaan (SFCW)	Menggunakan 4 <i>constructed wetland</i> aliran bawah permukaan dengan rasio <i>biochar</i> (0%, 10%, 20%, 30%) dan kerikil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SFCW yang ditambah <i>biochar</i> memberikan efisiensi penghilangan amonium yang lebih tinggi (49,69%-63,51%) dan nitrogen total (81,83%-86,36%) dibandingkan hanya kerikil yaitu (47,40%) dan nitrogen total (80,75%).
4	Bohua Ji, Jinqia Chen, Jian Mei, Junjun Chang, Xuan Li, Yin Qu	Peran media <i>biochar</i> dan strategi suplai oksigen (aerasi), emisi gas rumah kaca dan komunitas bakteri pada lahan basah dengan aliran bawah permukaan.	Menggunakan 3 lahan basah buatan aliran bawah permukaan dengan 3 rasio <i>on/off</i> aerasi, 2 jam :2 jam, 2 jam :4 jam, 1 jam :5 jam dengan media <i>biochar</i> dan <i>ceramsite sand</i> . <i>Constructed wetland</i> berbasis <i>biochar</i> yang dioperasikan dengan strategi suplai oksigen (aerasi) pada fase II memberikan hasil yang lebih unggul untuk desentralisasi air limbah
5	Philiphi de Rozari, Denik Sri Krisnayanti, Krispianus V. YoRdanis, Maria Ratu Rosari Atie	Penggunaan batu apung dan media pasir untuk pengolahan air limbah domestik secara vertical pada sistem <i>constructed wetland</i> menggunakan tanaman serai ( <i>Cymbopogon Citratus</i> )	Air limbah dialirkan pada reaktor dengan waktu tinggal 2 hari dan 3 hari dengan variasi aerasi dan efisiensi pencemar diukur dengan parameter BOD dan Amonia Penelitian dilakukan untuk mengetahui efisiensi <i>constructed wetland</i> dengan tanaman iris psedoacorus untuk mengolah limbah domestik, menentukan bagaimana pengaruh dari adanya aerasi dan pengaruh waktu tinggal. Hasil penelitian menunjukkan

- 
- 6 Muhammad al kholif, Pungut, Sugito, Joko Sutrisno, Windasulistyo Dewi (2020) Pengaruh waktu tinggal media tanam *constructed wetland* untuk mengolah air limbah domestik Media yang digunakan meliputi pasir dan *biochar* dengan waktu tinggal 12 dan 18 jam. Sedangkan pH, suhu dan debit aliran dikondisikan sebagai variabel kontrol *constructed wetland* dengan tambahan aerasi dan waktu tinggal 4 hari menurunkan BOD 96% dan amonia 97%. Sistem yang digunakan adalah *constructed wetland* menggunakan tanaman melati air (*echinodorus palaefolius*) dengan *subsurface wetland* dengan aliran kontinu. Efisiensi BOD<sub>5</sub> dan amoniak terbesar terjadi pada reaktor yang menggunakan media *biochar* dan waktu tinggal 18 jam dengan efisiensi BOD<sub>5</sub> sebesar 50,52% dan amonia 55,02%
- 7 Ariani Dwi Astuti, Muhammad Lindu, Ramadhani Yanidar, Maria Manda Kleden (2016) Kinerja *subsurface constructed wetland multilayer filtrasi* tipe aliran vertical dengan menggunakan tanaman akar wangi (*vetivera zizanoides*) dalam penyisihan BOD dan COD dalam air limbah kantin. Bak penampung, dan bak aerasi kemudia di pompa kedalam dua reaktor yaitu *subsurface wetland multilayers filtrasi* tipe aliran vertikal dengan tanaman dan tanpa tanaman. penelitian ini adalah mengetahui keefektifan tanaman akar wangi dalam menyisihkan konsentrasi BOD dan COD. Hasil penelitian tanaman akar wangi efektif menyisihkan konsentrasi COD 69,2 - 80% dan BOD 61,2-70,8%.
-

8	Yondes Panelin (2016)	Studi potensi penyisihan organik pada effluen IPAL domestik dengan penggunaan <i>constructed wetland</i> (studi kasus : IPAL Bojongsoang, Bandung)	Menggunakan reaktor <i>constructed wetland</i> dengan aerasi dan tanpa aerasi dengan waktu detensi 1, 3, dan 5 hari menggunakan reaktor <i>constructed wetland</i>	Penelitian dilakukan menggunakan <i>constructed wetland</i> menggunakan tanaman <i>typha latifolia</i> . Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur efisiensi pengolahan dan menentukan kondisi operasi optimum dalam pengolahan effluen IPAL Bojongsoan dengan parameter yang diperiksa adalah COD dan BOD, pH dan temperatur. berdasarkan pengukuran, bahwa penyisihan organik paling baik terjadi pada waktu detensi 5 hari dengan efisiensi 91,2-94,9%. Reaktor dengan aerasi dapat menyisihkan parameter COD dengan baik dibandingkan tanpa aerasi.
9	Monik Kasman, Peppy Herawati, Niken Aryani	Pemanfaatan tumbuhan melati air ( <i>echinodorus palaefolius</i> ) dengan <i>constructed wetlands</i> untuk pengolahan <i>grey water</i>	waktu detensi <i>grey water</i> meliputi 3, 4,5,6, dan 7 hari dengan total 4 reaktor <i>constructed wetland</i> .	Waktu detensi dan kondisi reaktor sangat berpengaruh terhadap penurunan BOD dan TSS. Disimpulkan makin banyak jumlah daun maka makin rendah effluent BOD dan TSS. Konsentrasi BOD dan TSS secara berturut berkisar (1,6-3,22) mg/L dan (0,003-0,147) mg/L.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pengujian laboratorium dengan mengamati pengaruh variabel bebas terhadap variabel terkait.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

##### **3.2.1 Variabel Bebas**

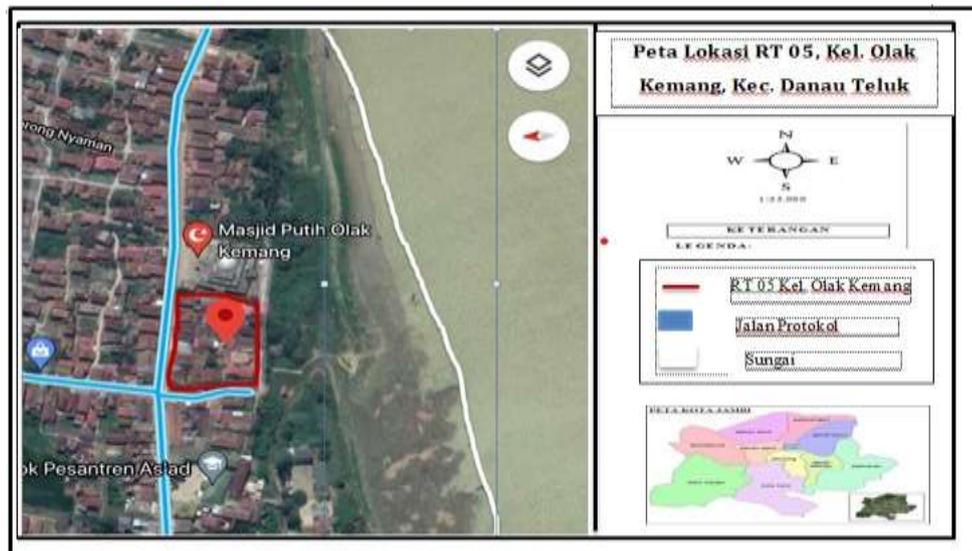
- a. Variasi *on : off* waktu aerasi.
- b. Variasi perbandingan media tanam *biochar* dengan tanah.
- c. Waktu tinggal air limbah 2 hari

##### **3.2.2 Variabel Terikat**

Variabel terkait pada penelitian ini adalah konsentrasi parameter air limbah domestik yaitu pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak (NH<sub>3</sub>) sebelum dan setelah eksperimen.

#### **3.3 Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Batanghari Jambi. Pada eksperimen ini menggunakan sampel air limbah domestik komunal di RT 05, Kelurahan Olak Kemang, Kecamatan Danau Teluk, Kota Jambi. Uji parameter air limbah domestik dilakukan di Laboratorium Jambi Lestari International. Pembuatan *biochar* tatal karet dilakukan di Laboratorium Energi dan Nano Material Universitas Jambi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli - Desember 2021



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik

### 3.4 Data Penelitian

#### 3.4.1 Data Primer

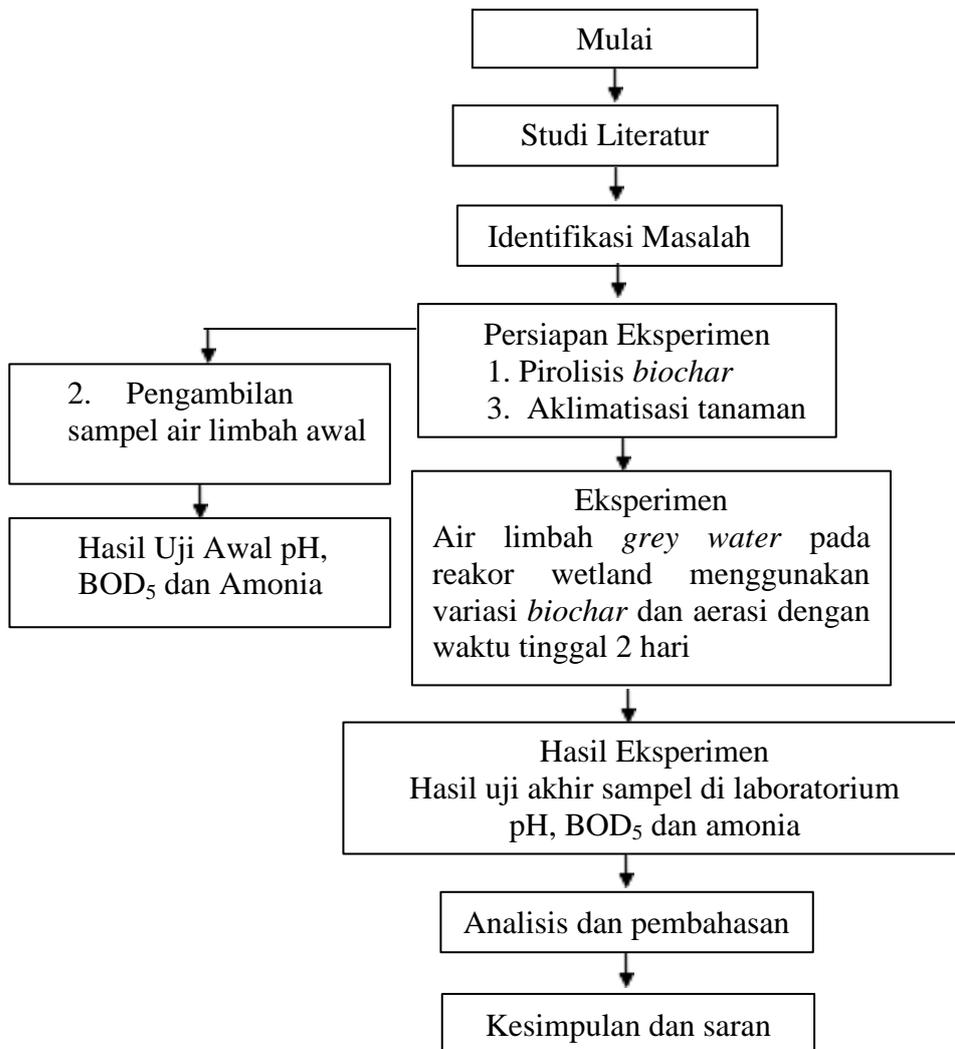
Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari wilayah studi melalui hasil analisis yaitu konsentrasi parameter pH, BOD<sub>5</sub> dan Amoniak (NH<sub>3</sub>) sebelum dan sesudah eksperimen.

#### 3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu gambaran umum air limbah domestik, peta lokasi pengambilan sampel, karakteristik *biochar*, penggunaan sistem aerasi dan teori- teori yang bersumber dari literatur, jurnal serta instansi terkait.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahapan dan alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

### 3.6 Persiapan Eksperimen

#### 3.6.1 Pembuatan *Biochar*

Alat dan bahan pembuatan *biochar* dengan *Furnance* :

1. Menggunakan *furnance* (alat yang digunakan dalam pembuatan *biochar*).
2. Volume alat 3 liter.
3. Bahan baku yang digunakan tatal karet sebanyak 7 kg.

Pembuatan *biochar* dari tatal karet dengan metode pirolisis dilakukan dengan cara :

1. Masukkan tatal karet ke dalam alat pirolisator yang telah dipanaskan mencapai suhu 350 °C.
2. Lakukan proses pirolisis selama 1 jam dengan suhu 350 °C.
3. Setelah 1 jam, dinginkan terlebih dahulu sebelum digunakan



Gambar 3.3 *Furnance* (Pirolisator)  
Sumber : Dokumentasi, 2021

### 3.6.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah domestik di RT 05, Kelurahan Olak Kemang, Kecamatan Danau Teluk, Kota Jambi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Pengambilan sampel air limbah domestik (*grey water*) dilakukan dengan metode *grab sampling* yang dilakukan pada *inlet*. Metode *grab sampling* adalah pengambilan sampel dan sampel tersebut sudah mewakili keseluruhan limbah.
- b. Pengambilan sampel air limbah domestik mengacu pada SNI 6989.59:2008 dan dimasukkan kedalam wadah berwarna gelap kapasitas 30 liter.

### 3.6.3 Aklimatisasi Tanaman Keladi (*Syngonium Polophyllum*)

Pada hari ke-1 komposisi awal 25 % air limbah 75% air sumur selama 2 hari. Selanjutnya pada hari ke-3 terjadi penambahan komposisi air limbah 50% dan 50% air sumur. Pada hari ke-4 bertambah 75% air limbah dan 25% air sumur. Pada hari ke-5 menggunakan 100% air limbah. Setelah itu, lakukan pengamatan pada hari ke-6 dan ke-7 bahwa tumbuhan tidak mengalami kondisi mati atau layu setelah itu tanaman dinetralkan kembali dengan air bersih selama (1) satu hari sebelum eksperimen dilakukan (Riyanti dkk., 2019).

### **3.7 Persiapan Peralatan dan Bahan Ekperimen**

#### **3.7.1 Peralatan yang akan digunakan**

1. Wadah dirigen air limbah domestik 30 liter.
2. 9 toples sebagai reaktor dengan ukuran yang sama dengan tinggi 15 dan diameter 18.
3. 9 toples sebagai wadah pengendapan dengan ukuran yang sama dengan tinggi 10 cm dan diameter 8 cm.
4. 5 aerator dan selang aerator 9 m.
5. 150 cm pipa aerator ½ inch.
6. Alat Furnance
7. Lem

#### **3.7.2 Bahan yang akan digunakan**

1. Air Limbah domestik 30 liter.
2. Tanaman keladi (*sygonium polophyllum*)
3. *Biochar* 2,8 kg.
4. Tanah 6,8 kg.
5. Kerikil 9 kg.

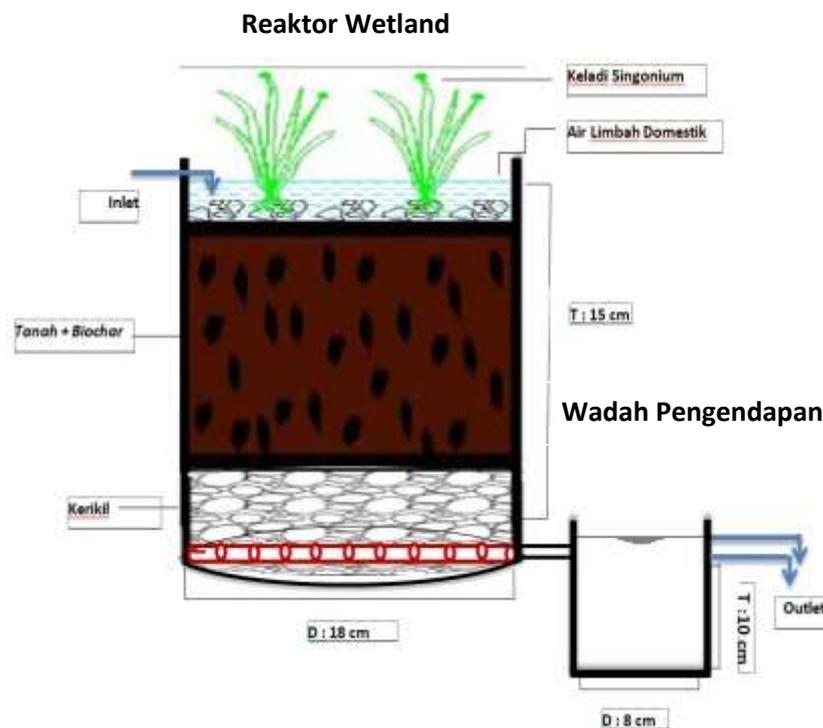
### 3.8 Eksperimen Penelitian

Pada reaktor wetland diberikan perbedaan pada perlakuan dan komposisi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variasi *Constructed Wetland* Blanko 1 Tanpa Aerasi

Blanko	Reaktor	Biochar : Tanah
CW Tanpa Aerasi (Dengan <i>Biochar</i> )	B1	<i>Biochar</i> dengan Tanah (1:1)

Berdasarkan pada Tabel 3.1 reaktor *wetland* yang merupakan blanko B1 tidak diberikan penambahan aerasi dan hanya ditanami keladi dengan 80% menggunakan perbandingan campuran media tanam *biochar* dan tanah yaitu 1:1 dan 20% sisanya adalah kerikil. Wadah pengendapan bertujuan untuk mengurangi kekeruhan yang disebabkan oleh tanah yang terbawa pada proses reaktor *wetland*.

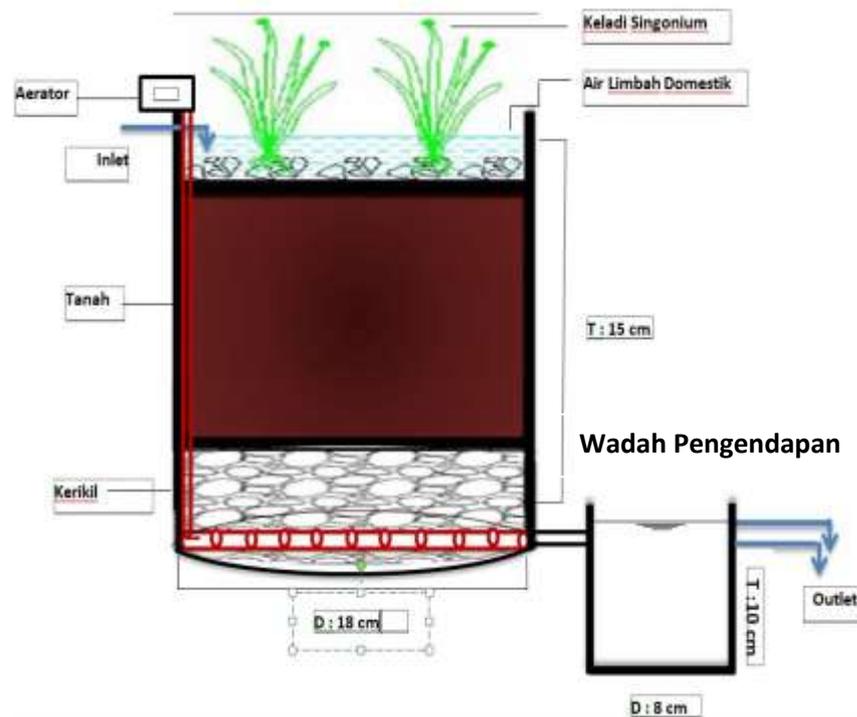


Gambar 3.4 Desain *Constructed Wetland* Blanko B1

Tabel 3.2 Variasi *Constructed Wetland* Blanko 2 Tanpa *Biochar*

<b>Blanko</b>	<b>Reaktor</b>	<b>Biochar : Tanah</b>
CW Tanpa <i>Biochar</i> (Dengan Aerasi)	B2	Tanah 80%

Berdasarkan pada Tabel 3.2 reaktor *wetland* yang merupakan blanko B2 tidak diberikan penambahan *biochar* hanya diberikan aerasi yang ditanami keladi dengan 80% menggunakan tanah dan 20% sisanya adalah kerikil. Wadah pengendapan bertujuan untuk mengurangi kekeruhan.

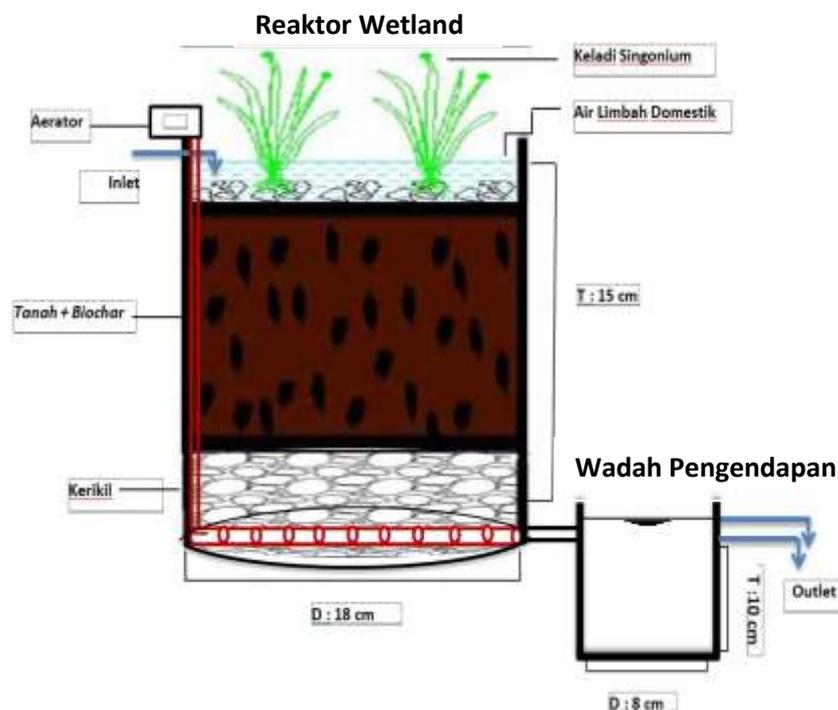


Gambar 3.5 Desain *Constructed Wetland* Blanko 2

Tabel 3.3 Variasi waktu aerasi dan komposisi media tanam  
 Pada *constructed wetland*

Perlakuan	On dan Off Waktu Aerasi	Biochar : Tanah
Reaktor CW A1 Reaktor CW A2	1 dan 2 jam 1 dan 4 jam	Biochar dan tanah (1:1)
Reaktor CW B1 Reaktor CW B2	1 dan 2 jam 1 dan 4 jam	Biochar dan tanah (1:2)
Reaktor CW C1 Reaktor CW C2	1 dan 2 jam 1 dan 4 jam	Biochar dan tanah (1:3)

Pada Tabel 3.2 diberikan sistem aerasi dengan variasi *on* waktu sistem aerasi 1 jam dan *off* waktu sistem aerasi 2 jam dan 4 jam. Pada reaktor ditanami keladi dengan 80 % menggunakan perbandingan campuran media tanam *biochar* dan tanah dengan masing-masing variasi *biochar* dengan tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 dan 20% sisanya menggunakan kerikil.



Gambar 3.5 Desain *Constructed Wetland* Media Tanam *Biochar* dan Aerasi

### **3.9 Pengujian Sampel Air Limbah**

#### **1. Pengujian Awal Air Limbah Domestik**

Pengujian awal pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi awal BOD<sub>5</sub> dan amoniak pada air limbah sebelum dilakukan eksperimen.

#### **2. Pengujian Akhir Pada Reaktor *Wetland***

Pada reaktor *wetland* tanpa sistem aerasi (blanko) maupun dengan sistem aerasi waktu tinggal yang digunakan adalah 2 hari kemudian pengujian pada *outlet* dilakukan setelah 1 jam pengendapan. Pengendapan bertujuan untuk mengurangi kekeruhan yang disebabkan oleh tanah yang terbawa pada proses reaktor *wetland*. Pengujian pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi akhir BOD<sub>5</sub> dan amoniak pada air limbah setelah dilakukan eksperimen.

### **3.10 Hasil Analisis Data**

#### **1. Efektivitas Sistem Aerasi pada *Constructed Wetland* Terhadap Penurunan BOD<sub>5</sub> dan Amoniak**

Data konsentrasi tiap parameter kemudian dianalisis untuk melihat nilai penurunan dan efisiensi pada *constructed wetland* dengan sistem aerasi dan tanpa aerasi sebelum dan setelah pengolahan. Penyisihan kadar BOD<sub>5</sub> dan Amoniak dihitung dengan membandingkan nilai sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen yang akan dinyatakan dalam persen (%) dilampirkan dalam bentuk tabel.

Menurut (Setiyanto dkk., 2016) penentuan efisiensi penyisihan pencemar dapat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efektivitas (E)} = \frac{\text{Kandungan Awal} - \text{Kandungan Akhir}}{\text{Kandungan Akhir}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 3.3 Hasil Efektivitas Sistem Aerasi

## **2. Analisis Pengaruh Variasi Waktu Sistem Aerasi dan Variasi Media Tanam Pada *Constructed Wetland* Terhadap Penurunan BOD<sub>5</sub> dan Amoniak.**

Pengaruh variasi waktu pada sistem aerasi dan variasi media tanam terhadap penurunan BOD<sub>5</sub> dan Amoniak diamati dengan hasil analisis berdasarkan uji akhir parameter pada masing-masing reaktor . Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Uji Parameter Awal Air Limbah Domestik

Pengujian awal pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi awal pada air limbah sebelum dilakukan eksperimen. Hasil pengujian sampel dengan parameter pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak sebelum eksperimen ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Awal Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu Air Limbah Domestik (P.68 Tahun 2016)
pH	-	8,70	6 – 9
BOD <sub>5</sub>	mg/L	4041,64	30
Amoniak	mg/L	104,84	10

Sumber : Hasil Laboratorium, 2021

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa kadar BOD<sub>5</sub> dan amoniak pada air limbah domestik memiliki konsentrasi yang tinggi dengan nilai BOD<sub>5</sub> yaitu 4041,64 mg/l dan amoniak 104,84 sementara nilai pH memiliki kadar basa yaitu 8,70 yang masih memenuhi kriteria baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Maka dari itu perlu dilakukan pengolahan dalam menurunkan parameter air limbah domestik dengan menggunakan *biochar* dan aerasi pada *constructed wetland*.

## 4.2 Hasil Uji Penurunan Konsentrasi Pada Air Limbah Domestik

Setelah melakukan pengujian awal pada air limbah domestik, tanaman terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi sebelum melakukan eksperimen agar tanaman dapat beradaptasi dengan baik sehingga tanaman tidak mati ketika dilakukan eksperimen. Setelah itu dilakukan eksperimen pada reaktor *Constructed wetland* dengan mengamati efektivitas penggunaan aerasi dan *biochar* dan menganalisis pengaruh variasi media tanam dan aerasi terhadap penurunan pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak.

### 4.2.1 Aklimatisasi Tanaman Keladi (*Syngonium Polophyllum*)

Proses aklimatisasi tanaman dilakukan selama 7 hari bertujuan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Kemudian, dilakukan pengamatan bahwa tumbuhan tidak mengalami kondisi mati dan dinetralkan kembali dengan air sumur selama 1 hari sebelum dipindahkan kedalam reaktor. Kondisi tanaman keladi *syngonium* pada awal dan akhir aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 4.2

Aklmatisasi	Foto
Sebelum Aklimatisasi	
Setelah Aklimatisasi	

Sumber : Dokumentasi, 2021

Berdasarkan tabel 4.2 sebelum aklimatisasi tanaman keladi masih tampak baik dengan warna daun hijau segar dan tidak tampak layu. Kemudian setelah aklimatisasi terlihat tidak ada perubahan yang signifikan hanya beberapa daun berubah warna menjadi kekuningan dikarenakan penambahan komposisi kontaminasi air limbah dan kurang terpapar sinar matahari.

#### 4.2.2 Hasil Uji Parameter Blanko

Setelah melakukan aklimatisasi tanaman, air limbah kemudian diolah dengan memasukkan ke dalam reaktor CW. Reaktor CW yang digunakan sebagai blanko terdiri dari 2 reaktor yaitu reaktor CW tanpa aerasi dengan *biochar* dan reaktor CW tanpa *biochar* dengan aerasi. Hasil efektivitas blanko tanpa aerasi dan tanpa *biochar* dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Analisis Blanko

Blanko	Reaktor	Parameter	Satuan	Uji Awal	Baku Mutu	Uji Akhir
CW Tanpa Aerasi (dengan <i>biochar</i> )	Blanko 1	pH	-	8.70	6-9	7.95
		BOD <sub>5</sub>	mg/l	4041.64	30	99.28
		Amoniak	mg/l	104.84	10	42.03
CW Tanpa <i>Biochar</i> (dengan <i>Aerasi</i> )	Blanko 2	pH	-	8.70	6-9	7.52
		BOD <sub>5</sub>	mg/l	4041.64	30	115.09
		Amoniak	mg/l	104.84	10	57.25

Sumber : Hasil Laboratorium, 2021

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada blanko B1 dengan tanpa aerasi dengan *biochar* mengalami penurunan konsentrasi pH menjadi 7.95, BOD<sub>5</sub> 99.28 mg/l, dan amoniak 42.03 mg/l. Blanko 1 terdiri dari kerikil, campuran *biochar* dan tanah yang ditanami keladi *singonium* sehingga dapat menurunkan kadar pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak. Hal ini dikarenakan peran tanaman dan media tanam mampu menyerap dan mengikat pencemar dengan baik.

Pada blanko B2 dengan aerasi tanpa *biochar* terjadi penurunan kadar pH menjadi 7.52, BOD<sub>5</sub> 115.09 mg/ dan amoniak yaitu 57,25 mg/l. Blanko 2 terdiri dari kerikil dan tanah yang ditanami keladi singonium dengan penambahan aerasi. CW dengan media tanam kerikil dan tanah yang ditanami tanaman keladi singonium mampu menurunkan konsentrasi pencemar pada air limbah karena proses *phytodegradation* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan konsentrasi air limbah menjadi lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Kerikil sebagai media filter bertujuan menghilangkan partikel tersuspensi dengan cara menyaringnya dengan media filter. Penambahan aerasi pada Blanko B2 berfungsi menyisihkan zat pencemar yang terkandung di dalam air sehingga parameter zat pencemar tersebut menurun.

Pada reaktor blanko, pengaruh terhadap netralisasi pH menunjukkan lebih baik pada Blanko B2 dengan aerasi daripada dengan *biochar* dengan nilai pH 7.52. Hal ini disebabkan penambahan aerasi pada reaktor menyebabkan oksigen terlarut dalam air limbah meningkat. Oksigen terlarut dimanfaatkan mikroorganisme untuk respirasi dan dihasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Karbon dioksida yang terlarut dalam air kemudian mengalami kesetimbangan yang menghasilkan ion OH<sup>-</sup> yang menyebabkan meningkatnya nilai pH (Effendi, 2003). Selain itu, tanaman memiliki peran menurunkan nilai pH yang terjadi akibat proses fotosintesis. *Biochar* dinilai kurang efektif dalam menurunkan nilai pH karena *biochar* tidak memiliki kemampuan untuk mencukupi kebutuhan oksigen terlarut dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis didalam reaktor.

Pengaruh media tanam terhadap penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> menunjukkan hasil lebih baik pada Blanko 1 tanpa aerasi dengan *biochar* dengan nilai BOD<sub>5</sub> 99.28 mg/l. Hal dikarenakan *biochar* sebagai adsorben memiliki kemampuan untuk menyerap kontaminan organik dan anorganik dengan karakteristik media yang sangat berpori terbukti efektif sebagai adsorben. Komposisi media tanam yang digunakan selain *biochar* dan tanah yaitu kerikil. Kerikil dapat membantu untuk mengikat dan mengendapkan material partikulat. Penggunaan aerasi dinilai kurang efektif apabila tidak divariasikan dengan media tanam yang memiliki sifat menyerap polutan (adsorben).

Pada konsentrasi amoniak menunjukkan hasil lebih baik pada Blanko B1 yang tanpa aerasi dengan *biochar*. Terjadi penurunan yang signifikan dengan nilai BOD<sub>5</sub> akhir 42.03 mg/l. Terlihat jelas bahwa kemampuan reaktor dengan *biochar* lebih baik dalam menurunkan konsentrasi ammonia pada air limbah. Hal ini disebabkan *biochar* bekerja dengan baik dalam mengadsorpsi amoniak. *Biochar* memiliki struktur yang sangat berpori, yang dapat memulihkan kontaminan organik dan anorganik, serta meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme penting dalam tanah. Melalui proses *phytotreatment*, kerjasama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan dan media tanam mampu menurunkan konsentrasi amoniak dalam reaktor. Penambahan *biochar* meningkatkan ketersediaan nutrisi, sifat fisik tanah, serta aktivitas mikroba yang diperlukan untuk tanaman.

Aerasi dinilai kurang efektif dalam menyerap kadar amoniak dikarenakan pada dasarnya fungsi utama aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk

meningkatkan kadar oksigen terlarut dan melepaskan kandungan gas yang terlarut dalam air. Selain itu, penurunan konsentrasi amoniak terjadi karena interaksi antara tanaman, media serta mikroorganisme dengan waktu tinggal 2 hari.

#### 4.2.3 Efektivitas Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Pada Reaktor Uji

Eksperimen dilakukan dengan memasukkan air limbah kedalam reaktor dengan variasi waktu aerasi dengan komposisi *biochar*. Hasil efektivitas penggunaan *biochar* dan aerasi pada konsentrasi pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Uji Konsentrasi Pada *Biochar* dan Aerasi

<i>Biochar</i> : Tanah	Waktu Aerasi	pH (BM =6-9)		BOD <sub>5</sub> (mg/l) (BM = 30)		Amoniak (mg/) (BM = 10)	
		Uji Awal	Uji Akhir	Uji Awal	Uji Akhir	Uji Awal	Uji Akhir
		1:1	CW A1		7,6		35,67
1:2	CW A2	8,7	7,36	4041,64	172,23	104,84	91,04
1:3	CW A3		7,25		48,25		31,3
1:1	CW A2		7,35		43,4		113,86
1:2	CW B2	8,7	7,28	4041,64	53,1	104,84	30,36
1:3	CW C2		7,17		17,25		23,35

Sumber : Hasil Laboratorium, 2021

Berdasarkan Tabel 4.4 terjadi netralisasi kadar pH setelah dilakukan eksperimen menggunakan *constructed wetland* yang diberikan sistem aerasi dengan perbandingan waktu aerasi 1 jam : 2 jam dan 1 jam : 4 jam. Media tanam *biochar* dan tanah menggunakan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3 dan sisanya merupakan kerikil. Tabel diatas menunjukkan adanya netralisasi pH dengan hasil uji awal 8.70. Kemudian dilakukan eksperimen dengan komposisi *biochar*: tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 menggunakan waktu aerasi 1 jam: 2 jam didapatkan

hasil uji akhir pH 7.60, 7.36 dan 7.25. Pada variasi komposisi *biochar* yang sama namun waktu aerasi yang berbeda yaitu 1 jam : 4 jam memiliki hasil uji akhir 7.35, 7.28, 7.17. Netralisasi kadar pH terbaik terjadi pada reaktor CW C3 dengan nilai uji akhir 7.17 mg/l. Keseluruhan variasi uji telah memenuhi standar PermenLHK No.P 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Pada Tabel 4.4 tersebut menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> pada tiap variasi penelitian. Hasil eksperimen dengan variasi komposisi *biochar*:tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 menggunakan variasi waktu 1 jam : 2 jam dapat menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> menjadi 35.67 mg/l, 172.23 mg/l, 48,25 mg/l. Pada variasi komposisi *biochar* yang sama dengan variasi waktu 1 jam : 4 jam menurunkan parameter BOD<sub>5</sub> menjadi 43.40 mg/l, 53.10 mg/l, 17.25 mg/l.

Pada penurunan konsentrasi amoniak pada terjadi penurunan tiap variasi penelitian. Hasil eksperimen dengan variasi komposisi *biochar* : tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 menggunakan variasi waktu 1 jam : 2 jam menurunkan konsentrasi amoniak menjadi 25.53 mg/l, 91.04 mg/l, 31.30 mg/l. Pada variasi komposisi *biochar* yang sama dengan variasi waktu yaitu 1 jam : 4 jam dengan reaktor CW B1 dan C2 menurunkan konsentrasi amoniak menjadi 30.36 mg/l dan 23.35. Namun, pada reaktor CW A2 mengalami kenaikan kadar amoniak sebesar 113.86 mg/l sehingga tidak terdapat efisiensi penurunan pada parameter tersebut. Hal ini dikarenakan, penggunaan aerasi yang berlebih dapat mengganggu aerob dan aerob yang terjadi pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi.

#### 4.2.4 Hasil Efisiensi Penyisihan Pada Reaktor Uji

Hasil efisiensi penyisihan reaktor uji pada konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan amoniak terdapat pada Tabel 4.5. Perhitungan hasil efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.5 Hasil Efisiensi Penyisihan

Reaktor	Uji Awal		Uji Akhir		Penyisihan (%)	
	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Amoniak (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Amoniak (mg/l)	BOD <sub>5</sub>	Amoniak
CW A1			35.67	25.53	99,11%	75,18%
CW B1	4041.64	104.84	172.23	91.04	95,73%	13,16%
CW C1			48,25	31,30	98,90%	70,33%
CW A2			43.40	113.86	89,25%	-8,60%
CW B2	4041.64	104.84	53.10	30.36	98,68	71,04%
CW C2			17,25	23.35	<b>99,57%</b>	<b>77,26%</b>

Sumber : Perhitungan, 2021

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.5 diketahui bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi BOD<sub>5</sub> tertinggi terjadi pada reaktor CW C2 menghasilkan penyisihan sebesar 99,57 %. Reaktor CW C2 menggunakan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dan perbandingan media tanam 1:3. Hal ini membuktikan bahwa reaktor dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dan perbandingan media tanam 1:3 sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dalam air limbah.

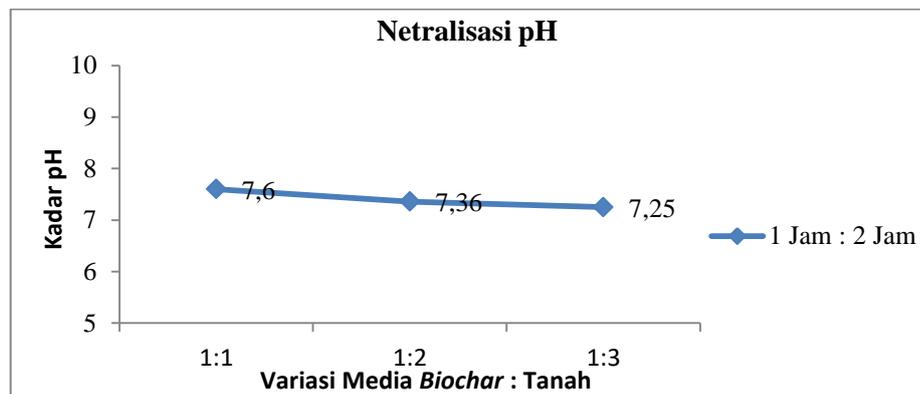
Efisiensi penyisihan tertinggi konsentrasi amoniak terjadi pada reaktor CW C2 dengan penyisihan sebesar 77,26%. Penggunaan aerasi 1 jam : 4 jam dengan perbandingan media tanam 1:3 dinilai sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi amoniak dalam air limbah domestik. pada reaktor CW A2 tidak dihasilkan efisiensi penyisihan karena terdapat peningkatan konsentrasi pada uji akhir.

#### 4.2.5 Pengaruh Variasi *Biochar* dan Waktu Aerasi Pada Media Tanam

##### *Constructed Wetland*

### 1. Parameter pH

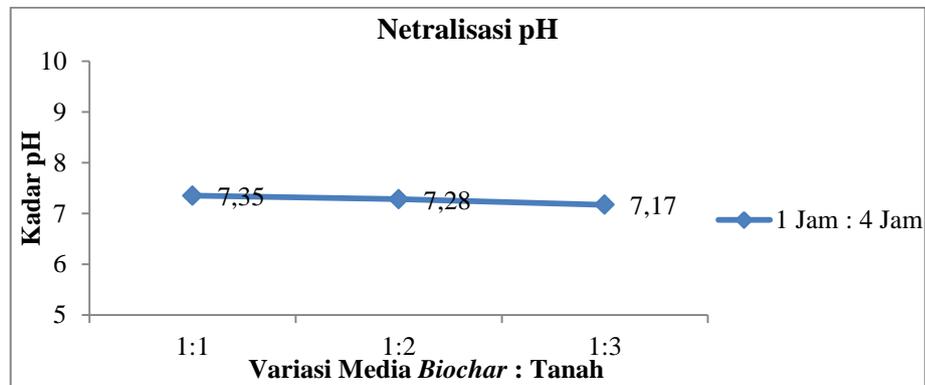
Untuk mengetahui pengaruh variasi dan komposisi media tanam dalam netralisasi pH digunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 jam dengan perbandingan media tanam 1:1, 1:2 dan 1:3. Grafik netralisasi parameter pH dengan variasi aerasi 1 jam : 2 jam dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Waktu Aerasi 1 jam : 2 Jam pada Netralisasi pH

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa netralisasi pH cukup baik dari ke-3 variasi media tanam dimana kadar pH memenuhi standar PermenLHK No.P 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Netralisasi pH terbaik terjadi pada sampel CW C1 yaitu 7.25. Dosis *biochar* sangat menentukan kualitas air limbah yang akan diturunkan. Dosis yang terlalu sedikit akan menyebabkan banyak adsorbat yang belum terperangkap oleh kandungan karbon, sebaliknya dosis yang terlalu banyak akan mempengaruhi mutu air limbah ditinjau dari partikel yang tersuspensi. Terlihat pada grafik diatas bahwa netralisasi pH makin menurun seiring dengan berkurangnya

kandungan *biochar*. Kemudian pada grafik netralisasi Ph dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat dilihat hasil sebagai berikut :



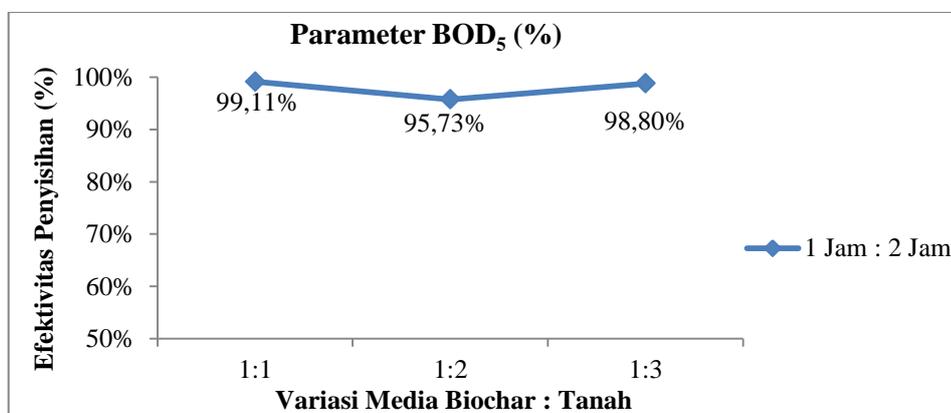
Gambar 4.2 Waktu Aerasi 1 jam : 4 Jam pada Netralisasi pH

Pada variasi waktu aerasi 1 jam : 4 Jam netralisasi pH terbaik terjadi pada sampel CW C2 yaitu 7,17. Dimana, hasil netralisasi tersebut menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam. Konsentrasi awal parameter pH adalah basa yaitu 8,70. Ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) yang lebih besar dari ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) menjadi penyebab kebasaaan pada air limbah. Penggunaan *biochar* membantu menyerap dan mengikat ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) sehingga konsentrasi ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) seimbang dengan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) menjadi netral yaitu 7. Namun, terlihat pada grafik penggunaan *biochar* yang lebih sedikit lebih optimal dalam menetralisasi pH pada air limbah. Hal ini dijelaskan oleh (Nilson & DiGiano, 1996), bahwa karbon aktif tidak mereduksi komponen organik dengan keseluruhan mediana setelah komponen organik terserap, karbon mencapai titik jenuh maka penambahan kandungan *biochar* tidak akan secara signifikan meningkatkan efisiensi penyisihan oleh karbon dan meninggalkan komponen organik yang tersisa.

Selain itu netralisasi pH dipengaruhi oleh waktu aerasi yang diberikan. Waktu aerasi 1 jam : 4 jam dinilai memberikan netralisasi pH terbaik dikarenakan dengan sedikit kontak aerasi yang diberikan membuat tidak terlalu banyak *biochar* yang mengambang diatas permukaan sehingga penyerapan adsorbat lebih optimal. Faktor lain netralisasi nilai pH menjadi netral adalah akibat proses fotosintesis pada tanaman dan peran mikroorganismenya. Mikroorganismenya yang ada pada reaktor wetland membantu dalam mengurai bahan organik selain itu pertumbuhan mikroba pada permukaan media dan menempel pada akar tumbuhan sehingga membantu menurunkan konsentrasi pencemar pada air limbah. Secara keseluruhan untuk masing-masing reaktor dengan pemakaian aerasi dan *biochar* membuktikan bahwa reaktor efektif dalam menetralkan konsentrasi pH pada air limbah domestik.

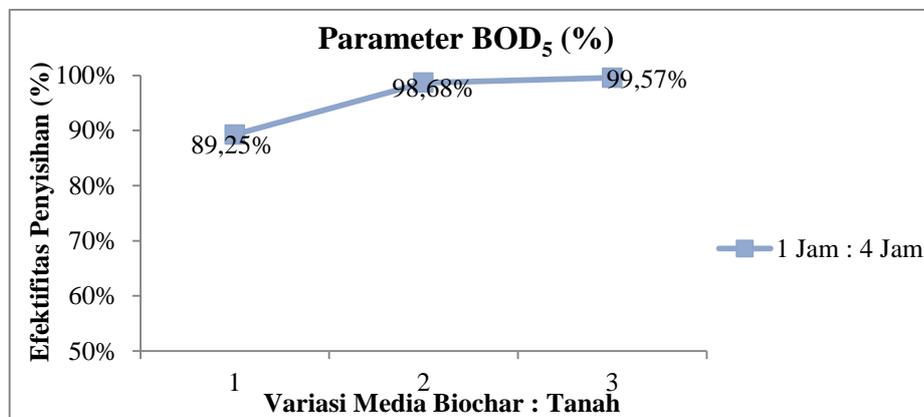
## 2. Parameter BOD<sub>5</sub> (Biological Oxygen Demand)

Untuk mengetahui pengaruh variasi dan komposisi media tanam dalam efektivitas penyisihan BOD<sub>5</sub> digunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 dengan perbandingan media tanam 1:1, 1:2 dan 1:3. Grafik penyisihan pada parameter BOD<sub>5</sub> dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Waktu Aerasi 1 Jam : 2 Jam pada Penyisihan BOD<sub>5</sub>

Pada Gambar 4.3 efektivitas penyisihan parameter BOD<sub>5</sub> tertinggi terjadi sampel CW A1 dengan waktu aerasi 1 Jam : 2 Jam dan penggunaan media tanam 1:3 sebesar 99,11 %. Dari hasil penelitian diketahui, terjadi penurunan efisiensi BOD<sub>5</sub> pada variasi media 1:2 menjadi 95,73 % sehingga efektivitas penyisihan BOD<sub>5</sub> menurun kemudian kembali terjadi kenaikan efektivitas pada variasi media tanam 1 :3 menjadi 98,80 %. Kemudian pada grafik penyisihan dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat dilihat hasil sebagai berikut :



Gambar 4.4 Waktu Aerasi 1 Jam : 4 Jam pada Penyisihan BOD<sub>5</sub>

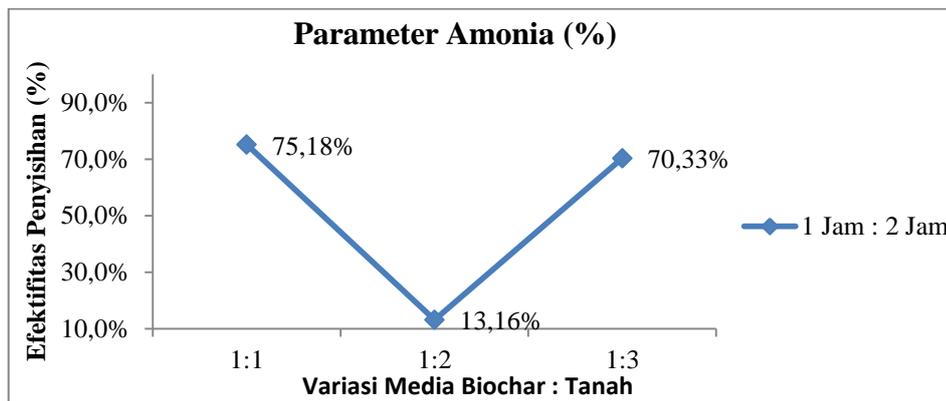
Dalam proses pengolahan air limbah secara biologis terjadi proses penyisihan secara anaerobik dan aerobik. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa sedikit waktu kontak aerasi (aerobik) yang diberikan pada reaktor memberikan hasil lebih optimal. Hal ini terlihat pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam, efisiensi penyisihan BOD<sub>5</sub> paling tinggi mencapai 99,11 %, namun terjadi penurunan efisiensi BOD<sub>5</sub> pada variasi media 1:2 menjadi 95,73 % sehingga efektivitas penyisihan BOD<sub>5</sub> menurun. Hal ini disebabkan karena kontak aerasi yang berlebihan pada reaktor menyebabkan terganggunya proses anaerobik sehingga hasil uji menjadi tidak stabil.

Pada waktu kontak aerasi 1 jam : 4 jam efisiensi penyisihan mencapai 99,57% pada variasi media 1:3. Waktu kontak aerasi yang lebih sedikit memberikan waktu terjadinya fase anaerobik yang lebih lama sehingga proses penyisihan senyawa secara anaerobik lebih optimal. Pada kondisi anaerobik beban pengolahan limbah masih sangat besar dan senyawa organik yang terkandung di dalam air limbah didegradasi secara mikrobiologis menjadi senyawa yang lebih sederhana. Berbeda dengan proses anaerobik, proses aerobik lebih sederhana dengan melanjutkan upaya untuk mendegradasi senyawa organik dan membantu menghilangkan bau pada air limbah dan menyisihkan sisa polutan organik yang belum terdegradasi lewat proses anaerobik. Hal ini membuktikan bahwa proses anaerobik memberikan kontribusi lebih besar dalam penurunan BOD<sub>5</sub> dibandingkan proses anaerobik.

Penggunaan media tanam *biochar* : tanah dengan perbandingan 1:3 memberikan efektifitas penyisihan BOD<sub>5</sub> tertinggi. Hal ini dikarenakan penggunaan media *biochar* yang berlebihan dapat menghambat interaksi penyerapan pencemar BOD<sub>5</sub> pada *biochar* dan tercapainya titik jenuh adsorben dalam proses adsorpsi. Sehingga penggunaan media *biochar* 1:3 lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan *biochar* 1:1 dan 1:2. Media kerikil pada dasar reaktor membantu mengikat dan mengendapkan material partikulat. Tanaman keladi berfungsi mensuplai oksigen melalui proses fotosintesis yang digunakan untuk respirasi mikroorganisme. Mikroorganisme membantu menguraikan partikel organik dalam reaktor.

### 3. Parameter Amoniak (NH<sub>3</sub>)

Untuk mengetahui pengaruh variasi dan komposisi media tanam dalam efektivitas penyisihan amoniak digunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 jam dengan perbandingan media tanam 1:1, 1:2 dan 1:3. Grafik penyisihan pada parameter amonia dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut:

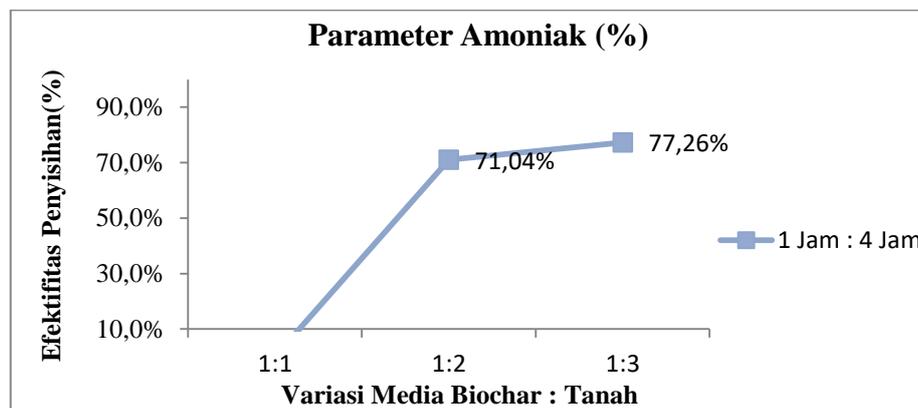


Gambar 4.5 Variasi 1 Jam : 2 Jam pada Penyisihan Amoniak

Pada Gambar 4.5 efektivitas penyisihan konsentrasi amoniak tertinggi terjadi pada sampel CW C1 dengan waktu aerasi 1 jam : 2 jam dan penggunaan media tanam 1:1 sebesar 75,18 %. Namun terjadi penurunan efektivitas penyisihan pada media tanam 1:2 menjadi 13,16% dan terjadi kenaikan kembali efektivitas pada media tanam 1:3 sebesar 70,33%. Penyebab tidak stabilnya hasil uji penurunan amoniak pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam pada media tanam 1:2 dikarenakan adanya proses denitrifikasi dan nitrifikasi pada penyisihan amoniak.

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat hingga menjadi gas nitrogen yang dilepas ke udara. Proses denitrifikasi ini terjadi dalam keadaan tidak ada oksigen (anaerobik). Apabila tersedia oksigen, proses denitrifikasi tidak dapat berlangsung lancar. Maka, apabila pada reaktor diberikan aerasi yang

berlebihan proses denitrifikasi akan terganggu mengakibatkan penyisihan amoniak menjadi tidak stabil. Kemudian pada grafik penyisihan amoniak dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat dilihat hasil sebagai berikut :



Gambar 4.6 Variasi 1 Jam : 4 Jam pada Penyisihan Amoniak

Efektivitas penyisihan konsentrasi amoniak tertinggi terjadi pada sampel CW C2 dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dan penggunaan media tanam 1:3 sebesar 77,26 %. Hasil efektivitas tersebut dinilai lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penyisihan pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam. Hal ini dikarenakan dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam menciptakan kondisi aerobik dan anaerobik untuk proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang maksimal. Proses nitrifikasi terjadi dalam keadaan tersedia oksigen (aerobik) karena bakteri nitrifikasi yaitu *nitrosomonas* dan *nitrobacter* membutuhkan oksigen. Amoniak diubah menjadi nitrit pada proses nitrifikasi kemudian nitrit diubah menjadi nitrat.

Pada dasarnya oksigen sudah disuplai dari akar tanaman sebagai hasil fotosintesis. Penambahan aerasi ( $O_2$ ) yang berlebih di dalam reaktor menyebabkan kondisi reaktor menjadi aerob, sehingga kondisi anaerob sulit terbentuk. Ini menyebabkan penyisihan senyawa organik air limbah yang terjadi secara anaerob menjadi lebih kecil. Hal inilah yang menyebabkan pada

reaktor dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat menyisihkan parameter air limbah lebih baik dibandingkan waktu aerasi 1 jam : 2 jam.

Efisiensi penurunan amoniak pada waktu aerasi 1 jam : 4 jam dengan penggunaan media tanam 1:3 menghasilkan efektifitas penyisihan tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian *biochar* yang lebih sedikit (1:3) menghasilkan penurunan yang lebih optimal dibandingkan pemakaian *biochar* 1:1 dan 1:2. *Biochar* memiliki kandungan karbon, dimana karbon memiliki kemampuan adsorpsi yang baik pada air limbah dan berperan sebagai adsorben. Namun, apabila pemakaian *biochar* yang terlalu banyak dapat mengakibatkan menurunnya kualitas penyisihan pada reaktor. Terjadinya penurunan ini kemungkinan karena semakin banyak karbon pada proses adsorpsi maka akan menyebabkan karbon tersebut berdesakan sehingga interaksi antar karbon dengan limbah kurang efektif (Sartika dkk., 2019).

Penurunan parameter amoniak terjadi hampir pada setiap reaktor uji dengan media tanam *biochar* dan aerasi. Namun, pada reaktor CW A1 dengan variasi waktu aerasi 1 jam : 4 dan media tanam 1:1 tidak menunjukkan adanya efektifitas penyisihan (%) karena konsentrasi amoniak lebih tinggi dari konsentrasi awal. Hal ini dikarenakan penggunaan *biochar* dengan jumlah berlebih 1:1 menyebabkan daya serap karbon tidak dapat mengadsorpsi dengan baik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan *biochar* dan aerasi untuk pengolahan limbah domestik pada *constructed wetland* dinilai efektif dalam menurunkan parameter pH, BOD<sub>5</sub> dan amoniak. Penurunan BOD<sub>5</sub> berada dalam rentang hasil uji akhir 89,25 % – 99,57 % dan amoniak -8,60 % – 77,26 % serta netralisasi 7,60-7,17 .
2. Variasi waktu aerasi dan komposisi *biochar* pada media tanam memberikan pengaruh dalam menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan amoniak serta dalam menetralkan pH. Variasi media tanam *biochar* : tanah 1:3 lebih optimal pada penyisihan BOD<sub>5</sub> dan amoniak daripada variasi 1:1 dan 1:2. Reaktor dengan variasi waktu aerasi 1 jam : 4 jam lebih optimal daripada 1 jam : 2 jam. Hal ini menunjukkan bahwa aerasi dan *biochar* memberikan pengaruh pada penyisihan BOD<sub>5</sub> dan amoniak. Jumlah *biochar* dan waktu aerasi yang lebih sedikit sudah cukup optimal dalam menyisihkan BOD<sub>5</sub> dan Amoniak.

#### 5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai proses aerob dan anaerob yang terjadi di dalam reaktor *constructed wetland*.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada parameter lain yang terkandung dalam air limbah domestik untuk menguji kemampuan penyisihan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmoro, P., & Al Kholif, M. (2016). Pemanfaatan Parit Drainase Sebagai Wetland Untuk Mendegradasi Cemaran Air Limbah Domestik. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 14(1), 8–14. <https://doi.org/10.36456/waktu.v14i1.99>
- Astuti, A. D., Lindu, M., Yanidar, R., & Kleden, M. M. (2017). kinerja Subsurface Constructed Wetland Multylayer Filtration Tipe Aliran Vertikal Dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetivera Zozanoides*) Dalam Penyisihan Bod Dan Cod Dalam Air Limbah Kantin. *Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 1(2), 91–108. <https://doi.org/10.25105/Pdk.V1i2.1456>
- Deng, C., Huang, L., Liang, Y., Xiang, H., Jiang, J., Wang, Q., Hou, J., & Chen, Y. (2019). Response Of Microbes To Biochar Strengthen Nitrogen Removal In Subsurface Flow Constructed Wetlands: Microbial Community Structure And Metabolite Characteristics. *Science Of The Total Environment*, 694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133687>
- Eddy, M. & Abu-Orf, M., Bowden, G., Burton, F. L., Pfrang, W., Stensel, H. D., Tchobanoglous, G., Tsuchihashi, R., & (Firm), A. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment And Resource Recovery*. Mcgraw Hill Education.
- Effendi, H. (2003). Telah kualitas air, bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius. *Yogyakarta, P*, 258.
- Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). pengaruh variasi biomassa pistia stratiotes l. terhadap. *jurnal kes mas uad*, 4(1), 1–16.
- Favas, P. J. C., Pratas, J., Varun, M., D'Souza, R., & Paul, M. S. (2014). Phytoremediation of soils contaminated with metals and metalloids at mining areas: potential of native flora. *Environmental risk assessment of soil contamination*, 3, 485–516.
- Gani, A. (2009). Potensi Arang Hayati Biochar sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*, 4(1), 33–48.
- Gauss, M. (2008). Constructed wetlands: a promising wastewater treatment system for small localities: experiences from Latin America. *World Bank Policy Research Working Paper*, 44120.
- Gupta, P., Ann, T., & Lee, S.-M. (2016). Use of biochar to enhance constructed wetland performance in wastewater reclamation. *Environmental Engineering Research*, 21(1), 36–44.
- Halverson, N. (2004). *Review of constructed subsurface flow vs. surface flow wetlands*. Savannah River Site (United States). Funding organisation: US Department of ...
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. (2018). Pengaruh aerasi dalam constructed wetland pada pengolahan air limbah domestik. *J Ilmu Lingkungan*, 16(2), 155.
- Hou, X., Liu, S., & Zhang, Z. (2015). Role of extracellular polymeric substance in determining the high aggregation ability of anammox sludge. *Water research*, 75, 51–62.
- Ji, B., Chen, J., Mei, J., Chang, J., Li, X., Jia, W., & Qu, Y. (2020). Roles of

- Biochar Media And Oxygen Supply Strategies In Treatment Performance, Greenhouse Gas Emissions, And Bacterial Community Features Of Subsurface-Flow Constructed Wetlands. *Bioresource Technology*, 302(November 2019), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122890>
- Mende, J. C. C., Kumurur, V. A., & Moniaga, I. L. (2015). Kajian Sistem Pengelolaan Air Limbah pada Permukiman di Kawasan Sekitar Danau Tondano (Studi Kasus: Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa). *Sabua: Jurnal Lingkungan Binaan dan Arsitektur*, 7(1), 395–406.
- Metcalf, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse* (Vol. 4). McGraw-Hill New York.
- Minggawati, I., & Saptono. (2012). Parameter Kualitas Air untuk Budidaya Ikan Patin (*Pangasius pangasius*) di Karamba Sungai Kahayan, Kota Palangkaraya. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 1(1), 27–30.
- Murti, R. S., & Purwanti, C. M. H. (2014). Optimasi Waktu Reaksi Pembentukan Kompleks Indofenol Biru Stabil Pada Uji N-Amonia Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Dengan Metode Fenat. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 30(1), 29–34.
- Nilson, J. A., & DiGiano, F. A. (1996). Influence of NOM composition on nanofiltration. *Journal-American Water Works Association*, 88(5), 53–66.
- Panelin, Y. (2016). Studi potensi penyisihan organik pada efluen ipal domestik dengan penggunaan constructed wetland (studi kasus: IPAL Bojongsoang, Bandung). *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 1(1), 25–34.
- Pasek, M., Suwahdendi, A., & Purnama, I. G. H. (2018). *uji efektivitas batu vulkanik dan arang sebagai media filter pengolahan air limbah laundry*.
- Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. (2019). Efektivitas Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(1), 16–20.
- Sartika, Z., Mariana, M., & Supardan, M. D. (2019). Penurunan Kadar COD, BOD dan Nitrit Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Karbon Aktif Ampas Bubuk Kopi. *Jurnal Serambi Engineering*, 4(2).
- Setiyanto, R. A., Darundiati, Y. H., & Joko, T. (2016). Efektifitas Sistem Constructed Wetlands Kombinasi Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(1), 436–441.
- Setriani, L. (2019). *Klasifikasi Dan Jenis-Jenis Tanaman Keladi*. Diakses pada tanggal 31 Mei 2021 Wordpress.com: <http://www.lolisetriani.web.id/2018/02/jenis-jenis-tanaman-keladi.html>
- Supradata. (2005). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias (*Cyperus alternifolius* dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). *Program Pasca sarjana Universitas Diponegoro*, 64–67.
- Victor, K. K., Séka, Y., Norbert, K. K., Sanogo, T. A., & Celestin, A. B. (2016).

Phytoremediation Of Wastewater Toxicity Using Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) And Water Lettuce (Pistia Stratiotes). *International Journal of Phytoremediation*, 18(10), 949–955.  
<https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1183567>

Vijay, M. V., Sudarsan, J. S., & Nithiyantham, S. (2017). Sustainability of constructed wetlands in using biochar for treating wastewater. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(3), 1056–1061.

Vymazal, J. (2010). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water*, 2(3), 530–549.

Yudo, S., & Said, N. I. (2017). Kebijakan Dan Strategi Pengelolaanair Limbah Domestik Di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*

# LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil Uji Sampel Awal



**LABORATORIUM LINGKUNGAN**  
**PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL**



Nomor Registrasi  
00119/LPJ/LABLING-1/LRKKLHK

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN CERTIFICATE OF ANALYSIS LAB-JLI-21121086A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification LAB-JLI-21121086A 1/1	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification AL-1 (Uji Awal)	Matrika/ Matrix Air Limbah	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling --
--	--	----------------------------------	--

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT	BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1			
1	pH (by lab)	6.70	-	-	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD <sub>5</sub> )	4041.64	-	mg/L	SNI 6989.72-2009
3	Ammonia/Ammonia, (NH <sub>3</sub> -N)	104.84	-	mg/L	SNI 06-6989.30-2005

Keterangan/Note :

- (\*) BML -  
EQS is -
- < Menunjukkan nilai terkecil dari pengukuran yang didapatkan berdasarkan metoda yang berlaku/Shows the smallest value of the
- (\*) Laboratorium tidak bertanggungjawab terhadap pengambilan contoh uji  
The laboratory is not responsible for sampling

Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.  
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.



Dipindai dengan CamScanner

No. Dok : FSOP-JLI-11.1

No. Revisi/Terbit: 2/2

3 dari 3

# LAMPIRAN

Lampiran 2 : Hasil Uji Sampel Blanko



**LABORATORIUM LINGKUNGAN**  
**PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL**



Nomor Registrasi  
00119/LP/LABLING-1/LRUKLHK

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN CERTIFICATE OF ANALYSIS LAB-JLI-21121096A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-21121096A 1/S	AL-1 (Blanko 1)	Air Limbah	--
LAB-JLI-21121096A 2/S	AL-2 (Blanko 2)	Air Limbah	--

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT		BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1	AL-2			
1	pH (by lab)	7.95	7.52	-	-	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD <sub>5</sub> )	99.28	115.09	-	mg/L	SNI 6989.72-2009
3	Ammonia/Ammonia, (NH <sub>3</sub> -N)	42.03	57.25	-	mg/L	SNI 05-6989.30-2005

Keterangan/Note:

- (\*) BML -  
EQS is -
- < Menunjukkan nilai terkecil dari pengukuran yang didapatkan berdasarkan metoda yang berlaku/Shows the smallest value of the
- (\*) Laboratorium tidak bertanggungjawab terhadap pengambilan contoh uji  
The laboratory is not responsible for sampling

Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.  
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.

CS Dipindai dengan CamScanner

No. Dok.: FSOP-JU-11.1

No. Revisi/Terbit: 2/2

3 dari 4

# LAMPIRAN

Lampiran 3 :Hasil Uji Sampel Akhir



**LABORATORIUM LINGKUNGAN**  
**PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL**



Nomor Registrasi  
00119/LP/JLABLING-1/LR/KK/LHK

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

LAB-JLI-21121096A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-21121096A 3/8	AL-3 (CW A1)	Air Limbah	--
LAB-JLI-21121096A 4/8	AL-4 (CW A2)	Air Limbah	--
LAB-JLI-21121096A 5/8	AL-5 (CW B1)	Air Limbah	--
LAB-JLI-21121096A 6/8	AL-6 (CW B2)	Air Limbah	--
LAB-JLI-21121096A 7/8	AL-7 (CW C1)	Air Limbah	--
LAB-JLI-21121096A 8/8	AL-8 (CW C2)	Air Limbah	--

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT			BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-3	AL-4	AL-5			
1	pH (by lab)	7.60	7.35	7.36	-	-	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD <sub>5</sub> )	35.67	434.40	172.23	-	mg/L	SNI 6989.72-2009
3	Ammonia/Ammonia, (NH <sub>3</sub> -N)	25.53	113.86	91.04	-	mg/L	SNI 06-6989.30-2005

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT			BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-6	AL-7	AL-8			
1	pH (by lab)	7.28	7.25	7.17	-	-	SNI 6989.11-2019
2	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD <sub>5</sub> )	53.10	48.25	17.25	-	mg/L	SNI 6989.72-2009
3	Ammonia/Ammonia, (NH <sub>3</sub> -N)	30.36	31.10	23.35	-	mg/L	SNI 06-6989.30-2005

Keterangan/Note:

- (\*) BML - EQS is -
- < Menunjukkan nilai terkecil dari pengukuran yang didapatkan berdasarkan metoda yang berlaku/Shows the smallest value of the measurements obtained based on the method that applies
- (\*) Laboratorium tidak bertanggungjawab terhadap pengambilan contoh uji  
The laboratory is not responsible for sampling

Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.  
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.

## LAMPIRAN

Lampiran 4: Perhitungan Efisiensi Penyisihan Konsentrasi BOD Dan Amoniak

Reaktor	Uji Awal		Uji Akhir		Penyisihan (%)	
	BOD (mg/l)	Amoniak (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Amoniak (mg/l)	BOD <sub>5</sub>	Amoniak
CW A1			35,67	25,53	99,11%	75,18 %
CW B1	4041.64	104.84	172.23	91.04	95,73%	13,16%
CW C1			48,25	31,30	98,80%	70,33%
CW A2			43.40	113.86	89,25%	-8,60%
CW B2	4041.64	104.84	53.10	30.36	98,68%	71,04%
CW C2			17,25	23,35	<b>99,57%</b>	<b>77,26 %</b>

Sumber : Perhitungan, 2021

Berdasarkan Tabel diatas efisiensi penyisihan tersebut diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Efektivitas (E)} = \frac{(\text{Kandungan Awal} - \text{Kandungan Akhir})}{\text{Kandungan Akhir}} \times 100\%$$

Maka , pada konsentrasi BOD<sub>5</sub>

- CW A1

$$E = \frac{4041,64 \text{ mg/l} - 35,67 \text{ mg/l}}{4041,64 \text{ mg/l}} \times 100\% = 99,11\%$$

- CW B1

$$E = \frac{4041,64 \text{ mg/l} - 172,23 \text{ mg/l}}{4041,64 \text{ mg/l}} \times 100\% = 95,73 \%$$

- CW C1

$$E = \frac{4041,64 \text{ mg/l} - 48,25 \text{ mg/l}}{4041,64 \text{ mg/l}} \times 100\% = 98,80 \%$$

- CW A2

$$E = \frac{4041,64 \text{ mg/l} - 43,40 \text{ mg/l}}{4041,64 \text{ mg/l}} \times 100\% = 89,25 \%$$

- CW B2

$$E = \frac{4041,64 \text{ mg/l} - 53,10 \text{ mg/l}}{4041,64 \text{ mg/l}} \times 100\% = 98,68 \%$$

- CW C2

$$E = \frac{4041,64 \text{ mg/l} - 17,25 \text{ mg/l}}{4041,64 \text{ mg/l}} \times 100\% = 99,57 \%$$

Kemudian, pada konsentrasi Amoniak

- CW A1

$$E = \frac{104,84 \text{ mg/l} - 25,53 \text{ mg/l}}{104,84 \text{ mg/l}} \times 100\% = 75,18 \%$$

- CW B1

$$E = \frac{104,84 \text{ mg/l} - 91,04 \text{ mg/l}}{104,84 \text{ mg/l}} \times 100\% = 13,16 \%$$

- CW C1

$$E = \frac{104,84 \text{ mg/l} - 31,10 \text{ mg/l}}{104,84 \text{ mg/l}} \times 100\% = 70,33 \%$$

- CW A2

$$E = \frac{104,84 \text{ mg/l} - 113,86 \text{ mg/l}}{104,84 \text{ mg/l}} \times 100\% = -8,60 \%$$

- CW B2

$$E = \frac{104,84 \text{ mg/l} - 30,36 \text{ mg/l}}{104,84 \text{ mg/l}} \times 100\% = 71,04 \%$$

- CW C2

$$E = \frac{104,84 \text{ mg/l} - 23,35 \text{ mg/l}}{104,84 \text{ mg/l}} \times 100\% = 77,26\%$$

## LAMPIRAN

### Lampiran 5 : Dokumentasi Penelitian



Media tanam Tanah



Pengambilan Sampel Air Limbah



Media tanam Kerikil



Pengambilan Sampel Air Limbah



Tatal Karet



Pengambilan Sampel Air Limbah



Memasukkan Tatal Karet  
kedalam alat pirolisis



*Biochar*



Menutup alat pirolisis dengan rapat



Alat Aerasi



Menunggu Proses Pembakaran



*Constructed Wetland*

# LAMPIRAN

## Lampiran 6 : Surat Keputusan Tugas Akhir



YAYASAN PENDIDIKAN JAMBI  
**Universitas Batanghari**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

SURAT KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI  
NOMOR : 085 TAHUN 2021  
T E N T A N G

PENUNJUKKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR  
MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM STRATA SATU (S-1)  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA** : Usulan Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Tentang Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- MENIMBANG** : a. Bahwa untuk melengkapi syarat-syarat yang diperlukan guna menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari perlu diselenggarakan Tugas Akhir Mahasiswa.  
b. Bahwa mahasiswa yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini telah memenuhi syarat dan berhak untuk melaksanakan Tugas Akhir.  
c. Bahwa Staf Pengajar yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini dianggap mampu dan memenuhi syarat untuk ditunjuk sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.  
d. Bahwa untuk pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa dimaksud perlu dibuat Keputusan Dekan.
- MENGINGAT** : 1. Undang Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.  
2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.  
3. Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi  
4. Peraturan Akademik Universitas Batanghari Tahun 2018  
5. Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Tahun 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pejabat wakil Rektor, Dekan, Kepala Biro, Pustaka, Lembaga dan Badan di lingkungan Universitas Batanghari.

MEMUTUSKAN

- MENETAPKAN :**
- Pertama : Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Program Strata Satu (S-1) yang nama dan NPM nya tercantum pada kolom (2) untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan Judul seperti pada kolom (3) Lampiran Keputusan ini dan berhak untuk mendapat bimbingan Tugas Akhir.
- Kedua : Menunjuk Staf Pengajar yang namanya tercantum pada kolom (4) menjadi Dosen Pembimbing I dan kolom (5) menjadi Dosen Pembimbing II mahasiswa dalam melaksanakan Tugas Akhir.
- Ketiga : Dosen Pembimbing bertugas memberi petunjuk dan arahan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
- Keempat : Dosen pembimbing bertanggung jawab kepada Dekan melalui Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari.
- Kelima : Program Studi agar menyelenggarakan seminar proposal Tugas Akhir bersangkutan agar judul, tujuan, ruang lingkup, dan metode penelitian Tugas Akhir mahasiswa benar dari kaidah-kaidah ilmiah.
- Keenam : Masa berlaku Surat Keputusan ini adalah 6 (enam) bulan dan setelahnya dapat diperpanjang maksimal dua (2) kali atau diganti dengan pembimbing lain.
- Ketujuh : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

DITETAPKAN DI : JAMBI  
PADA TANGGAL : 9 JULI 2021

Dekan,

  
Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME

Tembusan Disampaikan kepada :-

1. Yth. Rektor Universitas Batanghari
2. Yth. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari
3. Yth. Dosen Pembimbing yang bersangkutan
4. Mahasiswa yang bersangkutan
5. Arsip



Dipindai dengan CamScanner

LAMPIRAN : SK DEKAN NOMOR : 085 TAHUN 2021 TENTANG PENUNTIKKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM STRATA SATU (S-1) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI.

NO	NAMA NPM	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	RANA FAJRIATY 1700825201054	"PEMANFAATAN TANAMAN MELATI AIR (ECHINODORUS PALAEFOLIUS) DENGAN SISTEM CONSTRUCTED WETLAND UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK"	ANGGRIKA RIYANTI, ST, M.Si	MARHADI, ST, M. Si

DITETAPKAN DI JAMBI  
PADA TANGGAL 9 JULI 2021  
Dekan,



Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME

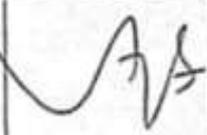
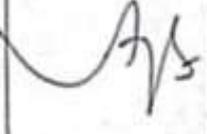
# LAMPIRAN

Lampiran 7 : Halaman Asistensi Tugas Akhir

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	---------------

## HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1700825201054  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Sistem *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	08/10-21	- Perbaiki pada Diagram - alir	
	17/1-22	- layout penulisan - perbaiki payelasa pada bab 1 - Grafik PH, BOD, COD, gabung jadi 1 grafik saja - babas lebih rinci tentang efisiensi antar variasi Atasan menyapa perbandingan 1:4 an:off dan cw c2 (1:3) lebih tinggi efisiensi - trabalkan teori Hg penyusut a. aerasi b. biochar c. buaman dalam menyimpulkan polutan di wetland.	

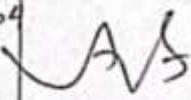
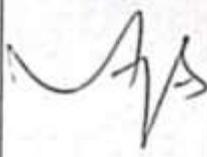
Jambi, \_\_\_\_\_ 2021

Dosen Pembimbing I

  
(Anggrika Riyanti, S.T. M, Si)

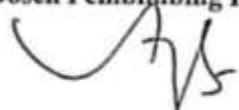
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1700825201054  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan *Aerasi* Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Sistem *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	20/1-2022	- perbaiki analisis pada bab 4 agar lebih detail - jelaskan analisis blanko. Sat persatu per parameter.	
	24/1-2022	- Perbaiki perubahan grafik & tabel pada bab 9 - lapisan peyalasan tdk peryan's varansi waktu aerasi & koporsi media fnum	
	2/2-2022	- jelaskan hubungan antara BOD & amoniak. yg tjd pada wetland. - Hubung peryan's aerasi & koporsi media fnum.	

Jambi, \_\_\_\_\_ 2021

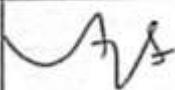
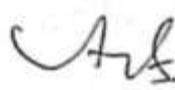
Dosen Pembimbing I



(Anggrika Riyanti, S.T. M, Si)

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**Nama** : Rana Fajriaty  
**NPM** : 1700825201054  
**Judul Tugas Akhir** : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Sistem *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	2/2 - 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jelaskan. mengapa. Jeda aerasi lebih lama meningkatkan efisiensi penyisihan lebih baik</li> <li>- layout pembibing 2.</li> <li>- ACC judul proposal</li> </ul>	  

Jambi, \_\_\_\_\_, 2022

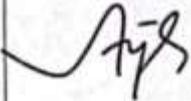
**Dosen Pembimbing I**

  
 (Anggrika Riyanti, S.T. M, Si)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	---------------

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Rana Fajriaty  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Sistem *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	11-02-2022	ACC Sidang TA	

Jambi, \_\_\_\_\_ 2022

Dosen Pembimbing I



(Anggrika Riyanti, S.T. M, Si)

<b>Program Studi Teknik Lingkungan</b> <b>Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLD-05</b>
---	----------------------

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Rana Fajriaty  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Sistem *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	4/3 - 2022	- perbaikan penulisan latar belakang & kesimpulan - layout & pembimbing II	

Jambi, 4 Maret 2022

Dosen Pembimbing I

  
 (Anggrika Riyanti, S.T. M, Si)

<b>Program Studi Teknik Lingkungan</b> <b>Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLD-05</b>
---	----------------------

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Rana Fajriaty  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Sistem *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	10/03/22	ACC Jilid	

Jambi, \_\_\_\_\_, 2022

Dosen Pembimbing I



(Anggrika Riyanti, S.T. M, Si)

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Rana Fajriaty  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada *Constructed Wetland*

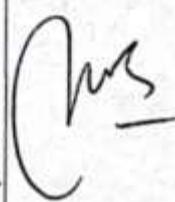
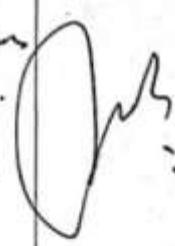
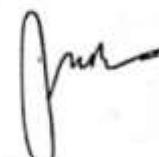
No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	17/12/2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisi penulisan untuk revisi laporan proposal TA</li> <li>diskusi penulisan di grup kelas tentang on &amp; off</li> </ul>	
	6/1/2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>laboratorium di lapangan</li> <li>diskusi penulisan di perkuliahan</li> <li>diskusi narasi tentang penulisan dan penulisan I.H. dan &amp; analisis</li> </ul>	

Jambi, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 2021  
**Dosen Pembimbing II**

(Marhadi, S.T. M, Si)

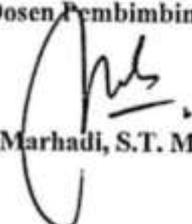
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1700825201054  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk  
Pengolahan Air Limbah Domestik Pada *Constructed  
Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	2/2 2022	Bab IV di jelaskan aspek Blawho & Reaktor di jelaskan per komposisi sifat kimia uji	
	8/2-2022	per bedi bab IV masalah & hasil penitran sewaktu uji tya penitran.	
	10/2 2022	halal Efensi si biobrat & di ketyl di laporkan	

Jambi, 11/2/2022

Dosen Pembimbing II

  
(Marhadi, S.T. M, Si)

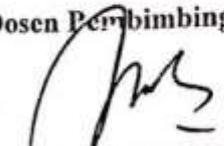
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1700825201054  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk  
Pengolahan Air Limbah Domestik Pada *Constructed  
Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	11/2 2022	kec suday kongre ta layut ke pembimbing I	

Jambi, 11/2/2022

Dosen Pembimbing II

  
(Marhadi, S.T. M, Si)

<b>Program Studi Teknik Lingkungan</b> <b>Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLD-05</b>
---	----------------------

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Rana Fajriaty  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	9/3/2022	Ace Pembimbing II. lanjut ke pembimbing I PerGabi penulisan & tata letak -	

Jambi,   Maret   2022

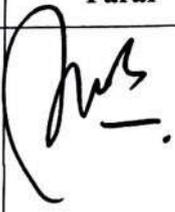
Dosen Pembimbing II

(Marhadl, S.T. M, Si)

<b>Program Studi Teknik Lingkungan</b> <b>Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLD-05</b>
---	----------------------

**HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Rana Fajriaty  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Untuk  
 Pengolahan Air Limbah Domestik Pada *Constructed Wetland*

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	19/3/2022	Acc judul	

Jambi, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 2022

**Dosen Pembimbing II**

**(Marhadi, S.T. M,Si)**

## LAMPIRAN

Lampiran 8 : Undangan Tugas Akhir



**YAYASAN PENDIDIKAN JAMBI**  
**Universitas Batanghari Fakultas Teknik**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
JALAN SLAMET RIYADI BRONI JAMBI INDONESIA TELP. (0741) 668280

Nomor : 13 /TL-UBR/II/2022  
Lampiran : 1 (satu) TA  
Perihal : Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir

Jambi, 11 Februari 2022

Kepada Yth,  
Ibu Hadrah, ST, MT (Ketua Sidang)  
Bapak Marhadi, ST, M.Si (Sekretaris Sidang)  
Ibu Angrika Riyanti, ST, M.Si (Penguji I)  
Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc (Penguji II)  
Ibu Asih Suzana, ST, MT (Penguji III)  
Di

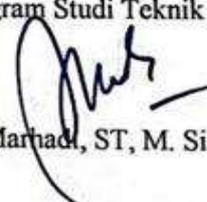
Tempat

Dengan hormat,  
Sehubungan dengan telah selesainya pembuatan Laporan Tugas akhir Mahasiswa, maka kami mengundang Bapak/Ibu untuk menghadiri Sidang Kompre Tugas akhir yang akan dilaksanakan pada :

Hari/ Tanggal : Rabu/16 Februari 2022  
Jam : 08.00 WIB s/d selesai  
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik  
Nama Mahasiswa : **Rana Fajriaty**  
NPM : 1700825201054  
Ujian : **Offline**  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Tugas Akhir : **"Pengaruh Penggunaan Biochar Dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Constructed Wetlands"**

Demikian, atas kesediaan Bapak/ Ibu untuk menguji dan datang tepat pada waktunya diucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

  
Marhadi, ST, M. Si

Tembusan Disampaikan Kepada :

1. Yth. Dekan Fakultas Teknik
2. Yth, Bapak Wakil Dekan I
3. Bendahara
4. Arsip.

Catatan : Untuk Penguji pria, Pakaian memakai kemeja lengan panjang dan dasi kecuali Hari Kamis memakai baju batik

# LAMPIRAN

Lampiran 9 : Penunjukkan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir Mahasiswa



## YAYASAN PENDIDIKAN JAMBI Universitas Batanghari FAKULTAS TEKNIK

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

### SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI NOMOR : 28 TAHUN 2022 TENTANG PENUNJUKAN DOSEN PENGUJI UJIAN TUGAS AKHIR MAHASISWA DI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA** : Surat Ketua Program studi Teknik Lingkungan Tentang usulan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
- MENIMBANG** : 1. Bahwa Mahasiswa yang namanya tercantum pada Surat Keputusan ini memenuhi syarat untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir.  
2. Bahwa Dosen yang namanya tercantum pada Surat Keputusan ini memenuhi syarat sebagai Penguji Ujian Tugas Akhir yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.
- MENINGAT** : 1. Undang Undang Nomor :12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.  
2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.  
3. Peraturan Pemerintah RI Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi  
4. Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Thn 2018 ttg Pemberhentian dan Pengangkatan Dekan, Kepala Biro,Lembaga dan Badan di Lingkungan Unbari.

#### MEMUTUSKAN

- MENETAPKAN** :  
Pertama : Menunjuk Dosen sebagaimana dalam Surat Keputusan ini.sebagai Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir mahasiswa seperti disebutkan di bawah ini.

Nama Mahasiswa	:	Rana Fajriaty
NPM/Program Studi	:	17008252010/Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir	:	<i>Pengaruh Penggunaan Biochar Dan Aerasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Constructed Wetlands</i>
Nama Dosen Penguji		Jabatan Dalam Ujian Tugas Akhir
Hadrah, ST, MT	:	Ketua Sidang
Marhadi, ST, M.Si	:	Sekretaris Sidang
Anggrika Riyanti, ST, M. Si	:	Penguji I
Monik Kasman, ST, M. Eng, Sc	:	Penguji II
Asih Suzana, ST, MT	:	Penguji III

- Kedua** : Pelaksanaan Ujian Tugas Akhir pada Rabu/16 Februari 2022 di Ruang Sidang Fakultas Teknik
- Ketiga** : Biaya yang timbul akibat keputusan ini dibebankan pada anggaran Ujian Tugas Akhir mahasiswa.
- Keempat** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan akan diadakan perbaikan jika dikemudian hari terdapat kekeliruan.

DITETAPKAN DI : J A M B I  
PADA TANGGAL : 11 Februari 2022  
Dekan,

  
Dr. Ir.H. Fakhru Rozi Yamali, ME

Tembusan disampaikan kepada

1. Yth. Bpk Rektor c.q. Wakil Rektor I Unbari
2. Yth. Ketua Prodi Teknik Lingkungan
3. Yth. Dosen Penguji yang bersangkutan
4. Arsip

# LAMPIRAN

Lampiran 10 : Berita Acara Sidang Tugas Akhir

<b>Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLC-05</b>
---	----------------------

## BERITA ACARA UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

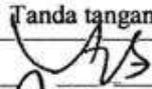
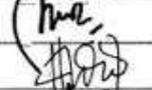
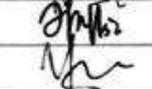
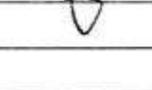
Pada hari ini, Rabu, Tanggal 16 - 2 - 2022, telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir mahasiswa

Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1700825201054  
Waktu : 08.30  
Tempat : R. Sidang FT UMBan

Judul Tugas Akhir :

Pengaruh Penggunaan Biochar & Oeasi untuk Pengelolaan air limbah domestik pd eu

Hasil evaluasi Tim Penguji sebagai berikut :

	Nama Tim Penguji	Nilai	Tanda tangan
Pembimbing I	<u>Anggrika Riyanti, ST. M. S.</u>	<u>85</u>	1. 
Pembimbing II	<u>Nar Heidi, ST. M. S.</u>	<u>80</u>	2. 
Penguji I	<u>Hadrah, ST. MT</u>	<u>82</u>	3. 
Penguji II	<u>Ahli Suzana, ST. MT</u>	<u>82</u>	4. 
Penguji III	<u>Movik Kisman, ST. M. S.</u>	<u>81</u>	5. 
	Jumlah	<u>410</u>	
	Nilai Rata-Rata / Huruf	<u>82 / A</u>	

Keputusan Tim Penguji pada Sidang Tugas Akhir :

1. **LULUS**, dengan nilai : 82 / A

Perbaikan :

---

---

---

2. **TIDAK LULUS**, dengan catatan sebagai berikut :

---

---

---

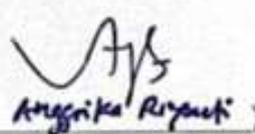
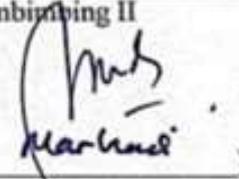
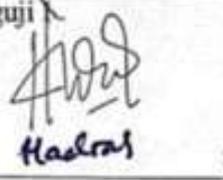
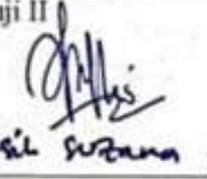
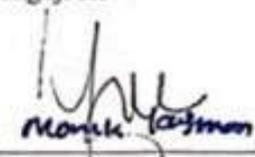
## LAMPIRAN

Lampiran 11 : Lembar Revisi Sidang Tugas Akhir

<b>Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLC-07</b>
---	----------------------

### LEMBAR REVISI UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : RANA FASRIATY  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Proposal TA : Pengaruh Penggunaan Biochar & aerasi untuk pengalasan air limbah domestik pd ew

No.	Uraian	Tanda Tangan
1.	1. Grafik diforan Pervariasi 2. masukkan hasil Penelitian lain hubungkan dgn kandungan dalam Biochar karakter utk Biochar1 hubungkan dengan Serapan organik dalam Biochar 3. Bold Hasil uji konsentrasi yang memenuhi baku mutu	Pembimbing I   (Anayika Rasyuti)
2.	1. Perbaiki penggunaan titik, koma pada hasil uji awal dan akhir 2. Penggunaan urutan font pada tabel Blanko diperbaiki. 3. tabel pada hasil uji konsentrasi diforan Per variasi	Pembimbing II   (Marlina)
3.	1. Arahkan penjelasan pada Pengaruh Biochar dan Aerasi dimana Biochar lebih efektif dan Penambahan Biochar dari pada aerasi lebih efektif 2. Keterangan pada gambar grafik diperbaiki	Penguji I   (Hadrah)
4.	1. Peta lokasi pengambilan sampel air limbah domestik ambil dari Peta daerah /wilayah pada Lampiran. 2. Ubah nama reaktor pada Blanko diperbaiki menjadi Blanko B1. Blanko B2.	Penguji II   (Asil Suzana)
5.	1. Tambahkan Penjelasan Literatur Tanaman keladi, Pemulihan constructed wetland, pengujian BOD dan ammonia 2. Ceritakan kondisi sebelum dan sesudah, alasan kenapa berubah. Penjelasan pd gambar diluar tabel 3. tabel Perbaiki PH dgn pH, BOD dgn BOD, ammonia dgn Ammonia.	Penguji III   (Monik)

Jambi, 16 - 2 - 2022

Ketua Sidang  
  
 (Hadrah, ST.MT.)

## LAMPIRAN

Lampiran 12 : Form Penilaian Sidang Tugas Akhir

<b>Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLC-06</b>
---	----------------------

### FORM PENILAIAN UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : Rabu, 16 Februari 2022  
Nama : Rana Fajriaty  
NPM : 1920825201054

Judul Tugas Akhir :  
Pengaruh Penggunaan Biochar dan Aerasi untuk Penyelesaian  
Air Limbah Domestik pada Constructed Wetland

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	85
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	85
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	85
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	85
	Jumlah	100%	85
	Nilai Rata-Rata		85

Jambi, 16, Februari, 2022

Dosen Pembahas

  
(Anggrika Riyanti, ST, M.Si)

LAMPIRAN

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-06
---	---------------

**FORM PENILAIAN**  
**UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR**

Hari/ Tanggal : Rabu, 16 - 2 - 2022  
 Nama : Kana Faghiaby  
 NPM : 1700825201054  
 Judul Tugas Akhir : Penyaris pengunaan bucler & aerasi untuk  
penyolakan air limbah domestik pd CW

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	24
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	28
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	12
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	16
	Jumlah	100%	
	Nilai Rata-Rata		

Jambi, 16 - 2 - 2022

Dosen Pembaha

  
Marhadi, ST. M. E.

## LAMPIRAN

<b>Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLC-06</b>
---	----------------------

### FORM PENILAIAN UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : Rabu / 16 Februari 2022

Nama : Rana Fajriaty

NPM : 1700825201054

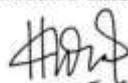
Judul Tugas Akhir :

Pengaruh Penggunaan Biochar dan Aerasi untuk Pengolahan Air Limbah Domestik pada Constructed Wetlands

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	25
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	30
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	10
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	17
	Jumlah	100%	82
	Nilai Rata-Rata		82

Jambi, 16, Februari, 2022

Dosen Pembahas

  
(Hadrah, ST, MT)

## LAMPIRAN

<b>Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari</b>	<b>Form : TLC-06</b>
---	----------------------

### FORM PENILAIAN UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR

Hari/ Tanggal : Rabu / 16 Februari 2022  
N a m a : Rana Fajriaty  
NPM : 17 00825 201054  
Judul Tugas Akhir :  
Pengaruh penggunaan Biochar dan Aerasi untuk pengolahan  
Air limbah Domestik pada constructed wetland

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	25
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	20
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	17
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	20
	Jumlah	100%	82
	Nilai Rata-Rata		

Jambi, 16 . Februari . 2022

Dosen Pembahas

( ASIH SUZANA S.T.MT )

LAMPIRAN

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLC-06
---	---------------

**FORM PENILAIAN**  
**UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR**

Hari/ Tanggal : Rabu/16 Februari 2022  
N a m a : Rana Fajrik  
NPM : 170082501034  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Pengamanan Biochar dan Aerasi  
Untuk Pengolahan Air Limbah Plastik  
pada Constructed Wetlands

No.	Kriteria Penilaian	Persentase	Nilai (Angka)
1.	Isi laporan Tugas Akhir dan sistematika penulisan	30%	81
2.	Pengujian Tugas Akhir	35%	81
3.	Pengujian Mata Kuliah Dasar Keahlian (MKDK) dan Mata Kuliah Keahlian (MKK)	15%	81
3.	Penyajian (kejelasan power point), sikap, cara penyampaian dan kemampuan menjawab pertanyaan	20%	
	Jumlah	100%	
	Nilai Rata-Rata		81

Jambi, 16 Februari 2022

Dosen Pembahas

M. Fajrik  
Morik Fajrik, S., M. Eng

