

**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**UJI EFEKTIVITAS ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)  
DAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) SEBAGAI TUMBUHAN  
POLISHING TREATMENT UNTUK MEREMOVAL BOD, COD,  
DAN TSS PADA LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN**

**NUGRAHA YUDI ANANTA**

**NRP. 03211840000053**

**Dosen Pembimbing**

**Bieby Voijant Tangahu ST, MT, PhD**

**NIP. 19710818 199703 2 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2022**





**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**UJI EFEKTIVITAS ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) SEBAGAI TUMBUHAN POLISHING TREATMENT UNTUK MEREMOVAL BOD, COD, DAN TSS PADA LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN**

**NUGRAHA YUDI ANANTA**

0321184000053

Dosen Pembimbing

Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19710818 199703 2 001

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022









**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**EFFECTIVITY TEST OF WATER HYACINTH  
(*Eichhornia crassipes*) AND WATER LETTUCE  
(*Pistia stratiotes*) AS POLISHING TREATMENT  
PLANTS TO REMOVE BOD, COD, AND TSS IN  
SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER**

**NUGRAHA YUDI ANANTA**

**03211840000053**

Advisor

Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19710818 199703 2 001

**ENVIROMENTAL ENGINEERING DEPARTEMENT**

**Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology**

**Surabaya**

**2022**





## LEMBAR PENGESAHAN

Uji Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)  
Sebagai Tumbuhan Polishing Treatment untuk meremoval BOD, COD, dan TSS pada  
Limbah Cair Rumah Potong Hewan

### TUGAS AKHIR

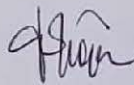
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **NUGRAHA YUDI ANANTA**


NRP. 03211840000053

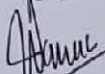
Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- 1 Bieby Voijant Tangahu ST, MT, Ph.D
- 2 Harmin Sulistyaning Titah ST, MT, Ph.D
- 3 Ipung Fitri Purwanti ST, MT, Ph.D
- 4 IDAA Warmadewanthi ST, MT, Ph.D

  
Pembimbing

  
Penguji

  
Penguji

  
Penguji



### PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Nugraha Yudi Ananta / 03211840000053

Departemen : Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing/NIP : Bieby Voijant Tangahu ST, MT, Ph.D /197108181997032001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Uji Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Sebagai Tumbuhan Polishing Treatment untuk meremoval BOD, COD, dan TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

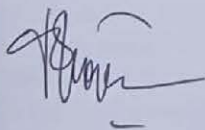
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 14 Mei 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa,



(Bieby Voijant Tangahu ST, MT, Ph.D)

NIP. 19710818 199703 2 001



(Nugraha Yudi Ananta)

NRP. 03211840000053



**Uji Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)  
Sebagai Tumbuhan *Polishing Treatment* untuk meremoval BOD, COD, dan TSS pada  
Limbah Cair Rumah Potong Hewan**

Nama Mahasiswa : Nugraha Yudi Ananta  
NRP : 0321184000053  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu ST, MT, PhD

**ABSTRAK**

Untuk memenuhi permintaan akan kebutuhan daging, maka terjadi peningkatan aktivitas penyembelihan hewan di rumah potong hewan. Akibatnya produksi limbah juga ikut meningkat. Dampak negatif dari limbah cair rumah potong hewan yang dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu dapat membahayakan lingkungan. Limbah cair rumah potong hewan yang mengandung darah, protein, lemak dan padatan tersuspensi dapat menyebabkan tingginya bahan organik dan nutrisi. Konsentrasi bahan yang tercemar terdapat dalam air limbah cair rumah potong hewan seperti BOD, COD, dan TSS dapat menimbulkan dampak negatif pada kehidupan biota sehingga berakibat terjadinya dampak negatif pada kehidupan biota sehingga berakibat terjadinya pencemaran pada badan air tersebut. Untuk meningkatkan kualitas air limbah rumah potong hewan dibutuhkan pengolahan terlebih dahulu.

Sebelum dilakukan penelitian utama dilakukan tahap propagasi, aklimatisasi, dan uji range finding test terlebih dahulu. Tahap propagasi dilakukan selama 1 bulan hingga tumbuh tunas atau tumbuhan generasi kedua yang akan digunakan untuk tahap selanjutnya. Pada tahap aklimatisasi bertujuan untuk mendapatkan tumbuhan uji telah beradaptasi dengan lingkungan baru. Kemudian tahap uji range finding test harus dilakukan untuk menetapkan konsentrasi zat uji yang akan digunakan untuk pengujian utama. Konsentrasi yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, dan 80% dan dilakukan selama 7 hari. Kemudian tahap uji utama dengan parameter yang dianalisis yaitu BOD, COD dan TSS. Penelitian menggunakan reaktor plastik bervolume 30 L yang dilakukan selama 14 hari. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis tumbuhan (Eceng Gondok dan Kayu apu) dan jenis limbah RPH (Ayam dan Sapi).

Hasil yang diperoleh pada tahap *Range Finding Test* menunjukkan bahwa pada limbah RPH sapi eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah sebesar 10%. Sementara kayu apu dapat hidup pada konsentrasi limbah 20%. Sedangkan pada limbah RPH ayam eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah 20%. dan kayu apu pada konsentrasi limbah 20%. Sementara hasil fitoproses menunjukkan bahwa Pada limbah cair RPH sapi penyisihan BOD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 300,7 mg/l, penyisihan COD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 368 mg/l, dan penyisihan TSS paling efektif pada kayu apu yaitu sebesar 54,2 mg/l Pada limbah cair RPH ayam penyisihan BOD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 65,4 mg/l, penyisihan COD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 176 mg/l, dan penyisihan TSS paling efektif pada kayu apu yaitu sebesar 76,8 mg/l

Kata kunci : BOD,COD,Eceng Gondok,Fitotreatment, Kayu Apu,Rumah Potong Hewan,TSS

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Effectivity Test of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) as Polishing Treatment Plants to Remove BOD, COD, and TSS in Slaughterhouse Wastewater**

Student Name : Nugraha Yudi Ananta  
NRP : 0321184000053  
Department : Teknik Lingkungan  
Advisor : Bieby Voijant Tangahu ST, MT, PhD

**ABSTRACT**

To meet the demand for meat, there has been an increase in animal slaughtering activities in abattoirs. The results of the production of waste also increased. The negative impact of abattoir wastewater discharged into water bodies without being treated first can harm the environment. Slaughterhouse liquid waste containing blood, protein, fat, and suspended solids can cause high organic matter and nutrients. Concentrations of polluted materials found in abattoir wastewater such as BOD, COD, and TSS can harm the life of the biota, resulting in a negative impact on the life of the biota, resulting in pollution of the water body. To improve the quality of abattoir wastewater, treatment is needed first.

Before the main research, the propagation, acclimatization, and range testing stages were carried out first. Sharp propagation is carried out for 1 month until shoots or second-generation plants grow which will be used for the next stage. During the acclimatization stage, the aim is to get plants that have adapted to the new environment. Then the range-finding test phase must be carried out to determine the concentration test of the substance used for the main test. The concentrations used were 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, and 80% and were carried out for 7 days. Then the main test phase with the analyzed parameters, namely BOD, COD, and TSS. The study used a plastic reactor with a volume of 30 L which was carried out for 14 days. The variables used in this study were plant species (Eceng Gondok and Kayu Apu) and the type of RPH waste (Chicken and Cattle).

The results obtained at the Range Finding Test stage showed that the water hyacinth cattle slaughterhouse waste could live at a concentration of 10% of waste. Meanwhile, Water Lettuce can live with a waste concentration of 20%. Meanwhile, the wastewater hyacinth chicken RPH can live at a concentration of 20% waste. and Water Lettuce at a waste concentration of 20%. Meanwhile, the phytotreatment results showed that in the liquid waste of cattle slaughterhouse, the most effective BOD removal was 300.7 mg/l for pumice, and the most effective COD removal was 368 mg/l for Water Lettuce. The most effective TSS removal was on Water Lettuce. that is equal to 54.2 mg/l In the liquid waste of chicken slaughterhouse the most effective removal of BOD on Water Lettuce is 65.4 mg/l, the most effective removal of COD on Water Lettuce is 176 mg/l, and the most effective removal of TSS on Water Lettuce that is equal to 76.8 mg/l

Keywords : BOD,COD,Water Hyacinth,Phytotreatment,Water Lettuce,Slaughterhouse,TSS

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan pada Allah SWT karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan seminar kemajuan dengan judul “Uji Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Sebagai Tumbuhan Polishing Treatment untuk meremoval BOD, COD, dan TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan” Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, PhD, Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD, selaku dosen pengarah sekaligus dosen penguji atas saran baiknya
3. Ibu Hurun In, Bapak Ashari selaku laboran Teknik Lingkungan yang senantiasa membantu dan memfasilitasi ketika di laboratorium.
4. Dosen-dosen pengajar Departemen Teknik Lingkungan ITS
5. Orang Tua, serta Keluarga yang telah menjadi motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik, dan memberikan dorongan, serta tak lupa selalu mendoakan
6. Teman-teman bimbingan tugas akhir yang telah bekerja sama dan saling mengingatkan satu sama lain terkait asistensi dan kemajuan dari Tugas Akhir,
7. Teman-teman angkatan 2018 yang selalu memberi semangat serta dorongan dan selalu mengingatkan satu sama lain.

Saya menyadari tentunya laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Banyak yang harus dibenahi dalam teknis dan isi dari penulisan. Kami berharap adanya saran dan kritik yang bersifat membangun, agar laporan ini dapat bermanfaat baik bagi penulis serta pembaca.

Surabaya, Juni 2022

Penulis



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## Daftar Isi

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Air Limbah.....	3
2.2 Limbah Cair Rumah Potong Hewan .....	3
2.3 Parameter uji .....	4
2.3.1 Chemical Oxygen Demand (COD) .....	4
2.3.2 Biological Oxygen Demand (BOD).....	4
2.3.3 Total Suspended Solid (TSS) .....	4
2.4 Fitoproses.....	4
2.4.1 Fitodegradasi .....	5
2.4.2 Fitoekstraksi .....	5
2.4.3 Fitostabilisasi .....	5
2.4.4 Fitovolatilisasi .....	5
2.4.5 Rhizodegradasi .....	5
2.4.6 Rhizofiltrasi .....	5
2.5 Eceng Gondok.....	5
2.6 Kayu Apu.....	6
2.7 Penelitian Terdahulu .....	7
2.8 Laju Pertumbuhan .....	9
2.9 Toksisitas .....	9
BAB III METODE PENELITIAN .....	10
3.1 Umum .....	10
3.2 Kerangka Penelitian.....	10
3.3 Tahapan Penelitian.....	10
3.3.1 Ide Penelitian .....	11
3.3.2 Studi Literatur.....	12

3.3.3	Variabel.....	12
3.3.4	Persiapan Alat dan Bahan .....	12
3.3.5	Penelitian Pendahuluan .....	14
3.3.6	Penelitian Utama .....	15
3.3.7	Analisis Parameter .....	15
3.3.8	Analisa dan Pembahasan.....	16
3.3.9	Kesimpulan .....	16
<b>BAB IV Hasil dan Pembahasan .....</b>		<b>17</b>
4.1	Uji Karakteristik Limbah.....	17
4.2	Tahap Propagasi .....	17
4.2.1	Laju Pertumbuhan Eceng Gondok .....	18
4.2.2	Laju Pertumbuhan Kayu Apu .....	19
4.3	Tahap aklimatisasi .....	21
4.4	Range Finding Test .....	21
4.5	Fitotreatment .....	29
4.5.1	Analisis Morfologi Tumbuhan.....	30
4.5.2	Analisis pH dan Suhu.....	31
4.5.3	Analisis COD .....	33
4.5.4	Analisis BOD .....	35
4.5.5	Analisis TSS.....	37
4.5.6	Analisis Rasio BOD/COD .....	39
4.5.7	Uji Statistik .....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran .....	46
<b>Daftar Pustaka .....</b>		<b>47</b>
<b>Lampiran A Prosedur Analisis Laboratorium.....</b>		<b>49</b>
<b>Lampiran B DATA HASIL ANALISIS .....</b>		<b>54</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>		<b>61</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Baku mutu air limbah rumah potong hewan .....	4
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu .....	7
Tabel 3.1 Reaktor uji RFT.....	12
Tabel 3.2 Reaktor uji kemampuan tumbuhan .....	13
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Awal RPH Sapi.....	17
Tabel 4.2 Pengamatan Fisik Tumbuhan Kayu Apu Pada RPH Sapi.....	22
Tabel 4. 3 Pengamatan Fisik Tumbuhan Eceng Gondok Pada RPH Ayam.....	23
Tabel 4. 4 Pengamatan Fisik Tumbuhan Kayu Apu Pada RPH Ayam .....	23
Tabel 4. 5 Hasil Range Finding Test Eceng Gondok terhadap RPH Sapi .....	24
Tabel 4. 6 Hasil Range Finding Test Kayu Apu terhadap RPH Sapi.....	25
Tabel 4. 7 Hasil Range Finding Test Eceng Gondok terhadap RPH Ayam.....	26
Tabel 4. 8 Hasil Range Finding Test Eceng Gondok terhadap RPH Ayam.....	27
Tabel 4. 9 Removal COD pada pengujian utama.....	33
Tabel 4. 10 Removal BOD pada pengujian utama .....	35
Tabel 4. 11 Removal TSS pada pengujian utama .....	38
Tabel 4. 12 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan BOD pada limbah cair RPH Sapi .....	41
Tabel 4. 13 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan BOD pada limbah cair RPH Ayam.....	41
Tabel 4. 14 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan COD pada limbah cair RPH Sapi .....	42
Tabel 4. 15 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan COD pada limbah cair RPH Ayam.....	43
Tabel 4. 16 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan TSS pada limbah cair RPH Sapi.....	43
Tabel 4. 17 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan TSS pada limbah cair RPH Ayam .....	44
Tabel LB. 1 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok pada tahap propagasi .....	54
Tabel LB. 2 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun Kayu Apu pada tahap propagasi.....	55
Tabel LB. 3 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok reaktor ES pada uji utama	56
Tabel LB. 4 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun kayu apu reaktor KS pada uji utama.....	56
Tabel LB. 5 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok reaktor EA pada uji utama	57
Tabel LB. 6 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun kayu apu reaktor KA pada uji utama .....	57
Tabel LB. 7 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok reaktor E pada uji utama..	58
Tabel LB. 8 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun kayu apu reaktor K pada uji utama.....	58
Tabel LB. 9 Hasil pengukuran pH pada uji utama .....	59
Tabel LB. 10 Hasil pengukuran pH pada uji utama.....	59

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2. 1 Eceng Gondok</i> .....	6
<i>Gambar 2. 2 Kayu Apu</i> .....	7
<i>Gambar 3.1 Reaktor Propagasi</i> .....	13
<i>Gambar 3.2 Reaktor Uji Range Finding Test</i> .....	13
<i>Gambar 3.3 Reaktor Uji Utama</i> .....	14
<i>Gambar 4.1 Tunas Pada Tumbuhan (A) Kayu Apu (B) Eceng Gondok</i> .....	18
<i>Gambar 4. 2 Laju Pertumbuhan Lebar Daun pada Tumbuhan Eceng Gondok</i> .....	18
<i>Gambar 4. 3 Laju Pertumbuhan Jumlah Daun pada Tumbuhan Eceng Gondok</i> .....	19
<i>Gambar 4. 4 Laju Pertumbuhan Lebar Daun pada Tumbuhan Kayu Apu</i> .....	20
<i>Gambar 4. 5 Laju Pertumbuhan Jumlah Daun pada Tumbuhan Kayu Apu</i> .....	20
<i>Gambar 4. 6 Konsentrasi Respon Eceng Gondok Terhadap RPH Sapi</i> .....	25
<i>Gambar 4. 7 Konsentrasi Respon Kayu Apu Terhadap RPH Sapi</i> .....	26
<i>Gambar 4. 8 Konsentrasi Respon Eceng Gondok terhadap RPH Ayam</i> .....	27
<i>Gambar 4. 9 Konsentrasi Respon Kayu Apu Terhadap RPH Ayam</i> .....	28
<i>Gambar 4. 10 pertumbuhan lebar daun eceng gondok pada penelitian utama</i> .....	30
<i>Gambar 4. 11 pertumbuhan jumlah daun eceng gondok pada penelitian utama</i> .....	30
<i>Gambar 4. 12 pertumbuhan lebar daun kayu apu penelitian utama</i> .....	31
<i>Gambar 4. 13 pertumbuhan lebar daun kayu apu penelitian utama</i> .....	31
<i>Gambar 4. 14 pH pada reaktor uji utama</i> .....	32
<i>Gambar 4. 15 suhu pada reaktor uji utama</i> .....	32
<i>Gambar 4. 16 removal COD pada pengujian utama</i> .....	35
<i>Gambar 4. 17 removal BOD pada pengujian utama</i> .....	37
<i>Gambar 4. 18 removal TSS pada pengujian utama</i> .....	39

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Laju peningkatan penduduk Indonesia dan perbaikan taraf hidup penduduk Indonesia akan mendorong peningkatan kebutuhan pangan dan konsumsi makanan rumah tangga dan mengalami perubahan dari konsumsi protein nabati ke arah peningkatan konsumsi protein hewani. Selain itu daging sapi juga merupakan sumber lemak dan mineral (Sitinjak & Tanjung, 2020). Untuk memenuhi permintaan akan kebutuhan daging, maka terjadi peningkatan aktivitas penyembelihan hewan di rumah potong hewan. Akibatnya produksi limbah juga ikut meningkat. Menurut Kundu *et al.*, (2013) Dampak negatif dari limbah cair rumah potong hewan yang dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu dapat membahayakan lingkungan. Limbah cair rumah potong hewan yang mengandung darah, protein, lemak dan padatan tersuspensi dapat menyebabkan tingginya bahan organik dan nutrisi. Konsentrasi bahan yang tercemar terdapat dalam air limbah cair rumah potong hewan seperti BOD, COD, dan TSS dapat menimbulkan dampak negatif pada kehidupan biota sehingga berakibat terjadinya dampak negatif pada kehidupan biota sehingga berakibat terjadinya pencemaran pada badan air tersebut. Baku mutu air limbah rumah potong hewan yang diatur berdasarkan PERGUB JATIM nomor 72 tahun 2013 diantaranya limbah cair harus memiliki kadar paling tinggi untuk BOD 100 mg/L, COD 200 mg/L, TSS 100 mg/L, minyak dan lemak 15 mg/L, NH<sub>3</sub>-N 25 mg/L, pH 6-9. Kadar BOD dan COD yang tinggi jika dibuang ke lingkungan di dalam aliran air maka bakteri akan tumbuh dengan cepat dan mengkonsumsi semua oksigen terlarut, akibatnya akan tercipta kondisi aerobik. Menurut penelitian Aini *et al* (2017) parameter limbah cair RPH sapi BOD, COD, dan TSS yang diteliti menunjukkan angka BOD 1451,2 mg/L, COD 1862,2 mg/L, TSS 612 mg/L dan RPH ayam BOD 4042,6 mg/L, COD 4964,6 mg/L, TSS 11810,6 mg/L.

Untuk meningkatkan kualitas air limbah rumah potong hewan dibutuhkan pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan dapat menggunakan tumbuhan untuk menurunkan, mengekstrak, menyerap kontaminan dari air limbah. Menurut USEPA (2000) penggunaan tumbuhan untuk menurunkan, mengekstrak, menyerap kontaminan dari tanah dan air merupakan teknologi alternatif dan hemat biaya untuk metode pengolahan limbah. Kelebihan lainnya pengolahan menggunakan tumbuhan adalah memiliki nilai estetika, dapat mengurai dan mendaur ulang beberapa limbah organik (USEPA, 2000). Sebelum dilakukan penelitian utama dilakukan uji range finding test terlebih dahulu. Uji range finding test harus dilakukan untuk menetapkan konsentrasi zat uji yang akan digunakan untuk pengujian utama (USEPA,2002).

Dari hasil penelitian Ningrum *et al* (2020) menunjukkan bahwa eceng gondok mampu mereduksi konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair Industri tahu. Eceng gondok mampu menurunkan BOD sebesar 52,12% dan COD sebesar 63,33%. Menurut Alfrokhi (2016) eceng gondok dapat menurunkan TSS sebesar 88,42% pada limbah tambak udang. Berdasarkan kemampuan tersebut, eceng gondok dapat diduga cukup efektif dalam menaikkan kualitas limbah cair. Pada penelitian Rismawati *et al.*, (2020) Tumbuhan kayu apu merupakan salah satu tumbuhan yang dapat digunakan untuk fitoremediasi. Dari hasil yang didapatkan dari percobaan, kayu apu dapat menurunkan BOD dan COD pada limbah industri tahu. Kayu apu mampu menurunkan BOD sebesar 80,7% dan COD sebesar 82,02%. Sementara penurunan TSS pada kayu apu menurut rahadian *et al* (2017) kayu apu dapat menurunkan TSS sebesar 46 %. Maka dapat diduga kayu apu cukup efektif dalam menaikkan kualitas limbah cair.



## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana laju pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*)?
2. Berapa nilai range finding test eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap limbah cair rumah potong hewan ?
3. Bagaimana perbandingan penurunan konsentrasi limbah cair rumah potong sapi dan rumah potong ayam ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan laju pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).
2. Menentukan nilai Range Finding Test eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap limbah cair rumah potong hewan ayam dan sapi.
3. Mengkaji kemampuan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS pada limbah cair rumah potong hewan ayam dan sapi.

## **1.4 Ruang Lingkup**

1. Air limbah rumah potong hewan yang digunakan adalah limbah cair RPH ayam dan RPH sapi dari Surabaya
2. Jenis tumbuhan uji yaitu eceng gondok dan kayu apu
3. Parameter yang diteliti selama masa penelitian yaitu :
  - pH
  - Suhu
  - COD
  - BOD
  - TSS
4. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis tumbuhan uji dan jenis limbah cair rumah potong hewan
5. Penelitian dilakukan di Laboratorium Remediasi Lingkungan teknik lingkungan ITS

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Menambah informasi kemampuan eceng gondok dan kayu apu dalam menaikkan kualitas air yang tercemar limbah cair rumah potong hewan
2. Dapat menjadi pertimbangan penggunaan tumbuhan eceng gondok dan kayu apu dalam mengatasi pencemaran air yang diakibatkan oleh limbah cair rumah potong hewan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Air Limbah**

Air limbah merupakan air sisa dari penggunaan rumah tangga, bisnis, kota, industri. Air limbah mengandung bahan organik, suspended solid, minyak dan logam berat. Hal ini dapat membahayakan jika langsung dibuang tanpa diolah terlebih dahulu karena berpotensi dapat menyebabkan efek karsinogenik (Metcalf & Eddy, 2013). Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. menurut Metcalf & Eddy (2013) air limbah berdasarkan sumbernya dapat dibedakan menjadi :

1. Air Limbah domestik

Air limbah domestik merupakan air limbah hasil buangan dari perumahan, perdagangan, perkantoran, fasilitas publik, dan sarana sejenisnya.

2. Air Limbah Industri

Air limbah industri adalah air hasil dari suatu proses industri yang memiliki kualitas kurang baik karena memiliki kontaminan yang terkandung didalamnya. Air limbah industri bersifat racun jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. (Fernando, 2015)

Limbah cair harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan agar cemaran tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan (Aini *et al*, 2017) sehingga pengolahan air limbah ditujukan untuk menurunkan pencemar agar air limbah memenuhi baku mutu dan dapat dibuang ke lingkungan dan tidak membahayakan.

### **2.2 Limbah Cair Rumah Potong Hewan**

Limbah cair yang dihasilkan oleh rumah potong hewan mengandung larutan darah, lemak, padatan tersuspensi yang menyebabkan tingginya bahan organik dan nutrisi. Hal ini akan menyebabkan efek dan mencemari sungai dan badan air. Bahaya akibat dari aktivitas di rumah potong hewan dengan pengelolaan air limbah yang kurang baik dapat mengakibatkan adanya bakteri-bakteri patogen penyebab penyakit, dan meningkatnya konsentrasi BOD, COD, TSS (Aini *et al*, 2017). Baku mutu limbah cair rumah potong hewan dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 2 1 Baku mutu air limbah rumah potong hewan**

**BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN  
RUMAH PEMOTONGAN HEWAN**

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	15
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	25
pH	-	6 - 9
Volume air limbah paling tinggi untuk sapi, kerbau dan kuda: 1.5 m <sup>3</sup> /ekor/hari		
Volume air limbah paling tinggi untuk kambing dan domba: 0.15 m <sup>3</sup> /ekor/hari		
Volume air limbah paling tinggi untuk babi: 0.65 m <sup>3</sup> /ekor/hari		

(sumber : PERMEN LHK nomor 5 tahun 2014)

### 2.3 Parameter uji

#### 2.3.1 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen terlarut oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai seluruh bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang terkandung dalam air limbah. Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. Nilai COD umumnya lebih besar dari BOD karena COD merupakan total dari bahan organik yang terkandung pada limbah, sedangkan BOD hanya merupakan bahan organik yang mudah didegradasi (Metcalf dan Eddy, 2013)

#### 2.3.2 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah bahan-bahan organik yang terdapat dalam air. BOD perlu diperiksa untuk menentukan beban pencemar akibat air buangan industri atau penduduk untuk mendesain sistem pengolahan air limbah. Pemecahan bahan organik dijelaskan bahwa bahan organik digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya (Nurfadilah *et al.*,2019)

#### 2.3.3 Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid merupakan bagian dari total solid yang tertahan pada saringan yang spesifik. Dihitung setelah pengeringan dengan menggunakan oven dengan suhu 105°. Hasil dari uji TSS digunakan untuk memantau performa dari pengolahan konvensional. Uji TSS merupakan standar uji effluent yang digunakan bersama dengan uji BOD (Metcalf dan Eddy, 2013)

### 2.4 Fitoproses

Penggunaan tumbuhan untuk menurunkan, mengekstrak, menyerap kontaminan dari tanah dan air merupakan teknologi alternatif dan hemat biaya untuk metode pengolahan limbah. Kelebihan lainnya pengolahan menggunakan tumbuhan adalah memiliki nilai estetika, dapat mengurai dan mendaur ulang beberapa limbah organik (USEPA, 2000)

#### **2.4.1 Fitodegradasi**

Fitodegradasi merupakan proses pemecahan kontaminan dilakukan oleh proses metabolisme tumbuhan atau dengan proses penguraian diluar tumbuhan oleh senyawa yang dikeluarkan tumbuhan.

#### **2.4.2 Fitoekstraksi**

Fitoekstraksi merupakan penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan memindahkan kontaminan itu ke dalam bagian tumbuhan. kontaminan umumnya dihilangkan dengan memanen tumbuhan. Teknologi ini adalah paling sering diterapkan pada tanah atau air terkontaminasi logam.

#### **2.4.3 Fitostabilisasi**

Fitostabilisasi yaitu penyerapan kontaminan oleh akar dan diakumulasi, adsorpsi, atau presipitasi di dalam zona akar.

#### **2.4.4 Fitovolatilisasi**

Fitovolatilisasi merupakan penyerapan dan transpirasi kontaminan oleh tumbuhan dengan pelepasan kontaminan dengan bentuk kontaminan yang diubah dari tumbuhan dan atmosfer.

#### **2.4.5 Rhizodegradasi**

Rhizodegradasi merupakan mekanisme penguraian kontaminan oleh aktivitas mikroba yang terjadi pada akar tumbuhan

#### **2.4.6 Rhizofiltrasi**

Rhizofiltrasi merupakan mekanisme adsorpsi atau presipitasi ke akar tumbuhan atau penyerapan kontaminan ke akar yang berada pada zona akar.

(USEPA,2000)

### **2.5 Eceng Gondok**

Eceng gondok memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari. Dinding akar, batang dan daun memiliki lapisan yang sangat pekat dapat menyerap zat-zat larut pada air. Eceng gondok dapat menurunkan COD pada air limbah. Eceng gondok memiliki daun berbentuk bulat telur, ujungnya tumpul dan hampir bulat, tulang daun membengkok dengan ukuran 7-25 cm dan memiliki banyak stomata pada bagian atas daun. Akar eceng gondok dapat mengumpulkan lumpur yang akan melekat di antara bulu-bulu akar (Ratnani *et al*, 2011)

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman gulma di wilayah perairan yang hidup terapung pada air yang dalam yang memiliki aliran tenang.

Kingdom : Plantae  
Sub Kingdom : Viridiplantae  
Super Divisi : Embryophyta  
Divisi : Tracheophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Super Ordo : Liliales  
Ordo : Commelinales

Famili : Pontederiaceae  
Genus : Eichhornia  
Spesies : Eichhornia Crassipes

(Zahro & Nisa, 2020)



**Gambar 2. 1 Eceng Gondok**

## 2.6 Kayu Apu

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah salah satu tumbuhan fitoremediator, kayu apu mampu mencengkeram lumpur dengan berkas akarnya dan menyerap kelebihan zat hara yang menyebabkan pencemaran. Penyerapan ini terjadi karena zat khelat atau phythocelatin yang diekskresikan oleh jaringan akar kayu apu (Rismawati *et al*, 2020). Kayu apu masuk dalam genus tumbuhan air dari keluarga Araceae. Kayu mengapung di permukaan air, dan akarnya menggantung terendam di bawah air. Lebar daunnya dapat mencapai 14 cm dan tidak memiliki batang. memiliki warna hijau muda, dengan tepi daun bergelombang dan ditutupi rambut pendek yang membentuk struktur seperti keranjang yang dapat menangkap gelembung udara hal itu yang menyebabkan tumbuhan mengapung. Tumbuhan juga dapat mengalami reproduksi aseksual (Dipu *et al*, 2011)

Berikut merupakan klasifikasi tanaman kayu apu

Kingdom : Plantae

Subkingdom : Tracheobionta

Superdivisi : Spermatophyta

Divisi : Magnoliphyta

Kelas : Liliopsida

Subkelas : Arecidae

Ordo : Arales

Famili : Araceae

Genus : Pistia

Spesies : *Pistia stratiotes* L

(Oktaviani *et al.*, 2020)



**Gambar 2. 2 Kayu Apu**

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai acuan penelitian. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu**

Judul	Variabel	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Sumber
Efektivitas Tanaman Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> L.) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu	Kerapatan Tumbuhan	Limbah cair industri tahu	Efektivitas tanaman kayu apu ( <i>Pistia stratiotes</i> L.) dalam menurunkan kadar BOD5 dan COD tertinggi terdapat pada perlakuan 35 mg/cm <sup>2</sup> pada hari ke-5 dengan nilai efektivitas BOD5 sebesar 80,7 % dan COD sebesar 82,02 %.	Rismawati <i>et al.</i> , 2020
Pengaplikasian Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> L) Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium Di RSUD Besuki	Jumlah Tumbuhan	Limbah cair Laboratorium	Fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu dengan jumlah tanaman yang berbeda yaitu 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20 dan lama waktu kontak 1,3 dan 6 hari efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS. Jumlah tanaman kayu apu dan lama waktu kontak sangat	Sari <i>et al.</i> , 2020

Judul	Variabel	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Sumber
Efektivitas Tanaman Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes L.</i> ) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu	Kerapatan Tumbuhan	Limbah cair industri tahu	Efektivitas tanaman kayu apu ( <i>Pistia stratiotes L.</i> ) dalam menurunkan kadar BOD5 dan COD tertinggi terdapat pada perlakuan 35 mg/cm <sup>2</sup> pada hari ke-5 dengan nilai efektivitas BOD5 sebesar 80,7 % dan COD sebesar 82,02 %.	Rismawati <i>et al.</i> , 2020
Kabupaten Situbondo			berpengaruh pada metode fitoremediasi tanaman kayu apu.	
Efektivitas Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solm) sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu	Aerasi	Limbah Tambak Udang	efektivitas penggunaan eceng gondok cukup baik untuk menurunkan bahan pencemar pada limbah cair industri tahu. Penurunan COD 70,83% dan BOD rata-rata 52,12%	Ningrum <i>et al.</i> , 2020
Pengolahan Air Limbah dari Kegiatan Pemeliharaan dan Pencucian Lokomotif dengan Menggunakan Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Berat Tumbuhan	Air limbah pencucian lokomotif	Hasil fitoproses menunjukkan penyisihan paling efektif untuk fosfat yaitu dengan berat eceng gondok 300 g sebesar 99,9%, untuk COD dengan berat eceng gondok 400 g sebesar 90,5%, dan untuk BOD dengan berat eceng gondok 400 g sebesar 99,7%.	Nafiat & Titah., 2021
Pemanfaatan Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crasaipes</i> ) Untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand), pH, Bau, dan	Konsentrasi Limbah cair	Air limbah Industri Tahu	Konsentrasi COD dalam limbah cair tahu yang diolah dengan cara ditanami eceng gondok mengalami penurunan sampai di bawah baku mutu limbah cair sebesar 75%	Ratnani <i>et al.</i> , 2011

Judul	Variabel	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Sumber
Efektivitas Tanaman Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes L.</i> ) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu	Kerapatan Tumbuhan	Limbah cair industri tahu	Efektivitas tanaman kayu apu ( <i>Pistia stratiotes L.</i> ) dalam menurunkan kadar BOD5 dan COD tertinggi terdapat pada perlakuan 35 mg/cm <sup>2</sup> pada hari ke-5 dengan nilai efektivitas BOD5 sebesar 80,7 % dan COD sebesar 82,02 %.	Rismawati <i>et al.</i> , 2020
Warna Pada Limbah Cair Tahu				

## 2.8 Laju Pertumbuhan

Laju pertumbuhan lebar daun dan jumlah daun dihitung dengan rumus

$$LP = \frac{lt-l_0}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.1)$$

LP = laju Pertumbuhan

l<sub>0</sub> = lebar awal

l<sub>t</sub> = lebar akhir

Δt = waktu pengamatan

(Steven, 2013)

## 2.9 Toksisitas

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari efek merugikan dari zat-zat kimia terhadap organisme hidup. Selain itu toksikologi juga mempelajari kemampuan racun pada biota uji untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi pemaparan, sifat lingkungan, dan spesies biota penerima. LC-50 (Lethal Concentration) yaitu konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50 % dari organisme uji untuk interval waktu yang ditentukan, pada suatu waktu pengamatan tertentu. (USEPA., 2002)



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Umum

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan eceng gondok dan kayu apu dalam menaikkan kualitas limbah cair rumah potong hewan. Penelitian diawali dengan mencari ide penelitian kemudian melakukan studi literatur yang mendukung penelitian. Kemudian melakukan ananalisa pendahuluan, dilanjutkan dengan penelitian

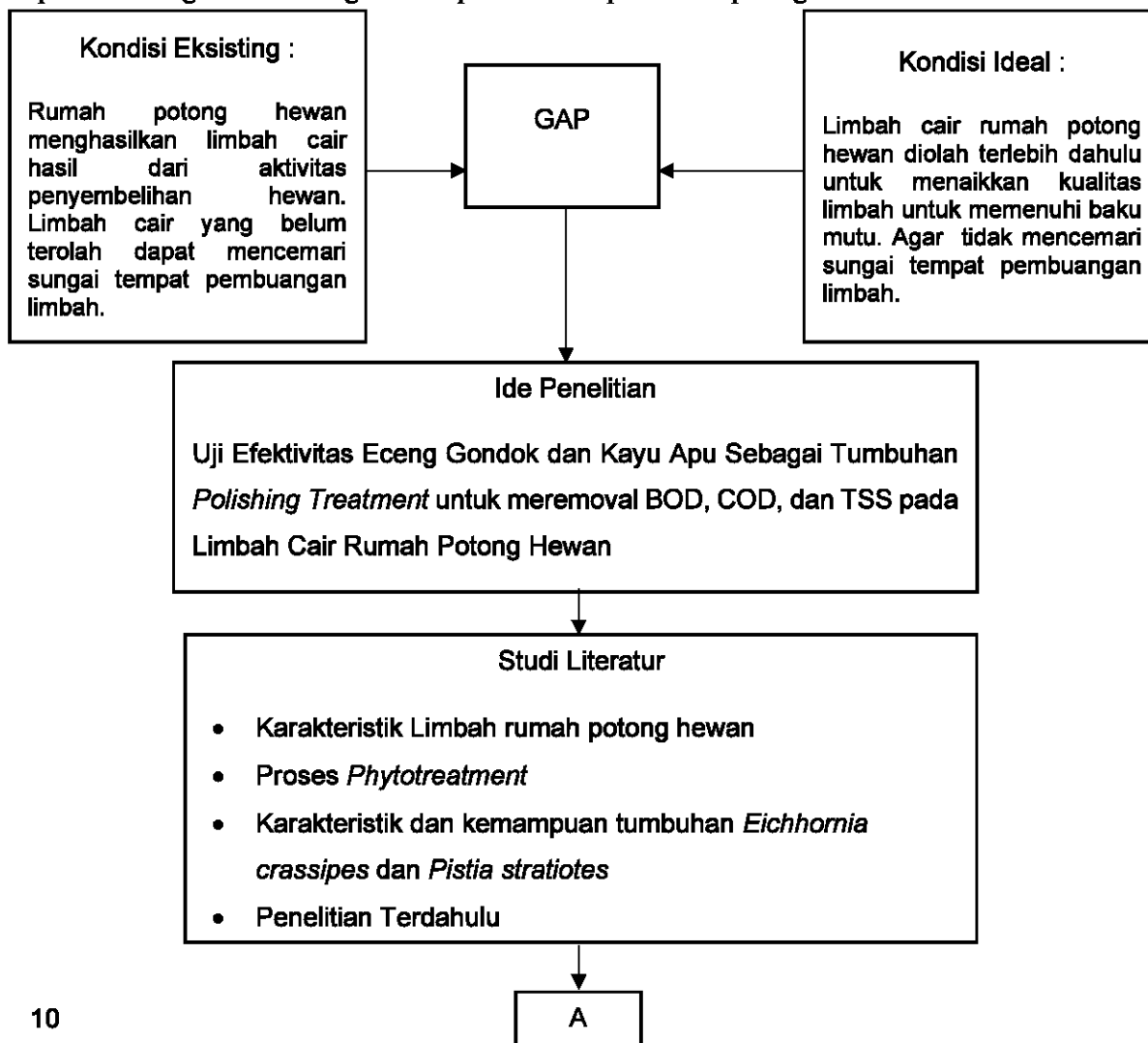
### 3.2 Kerangka Penelitian

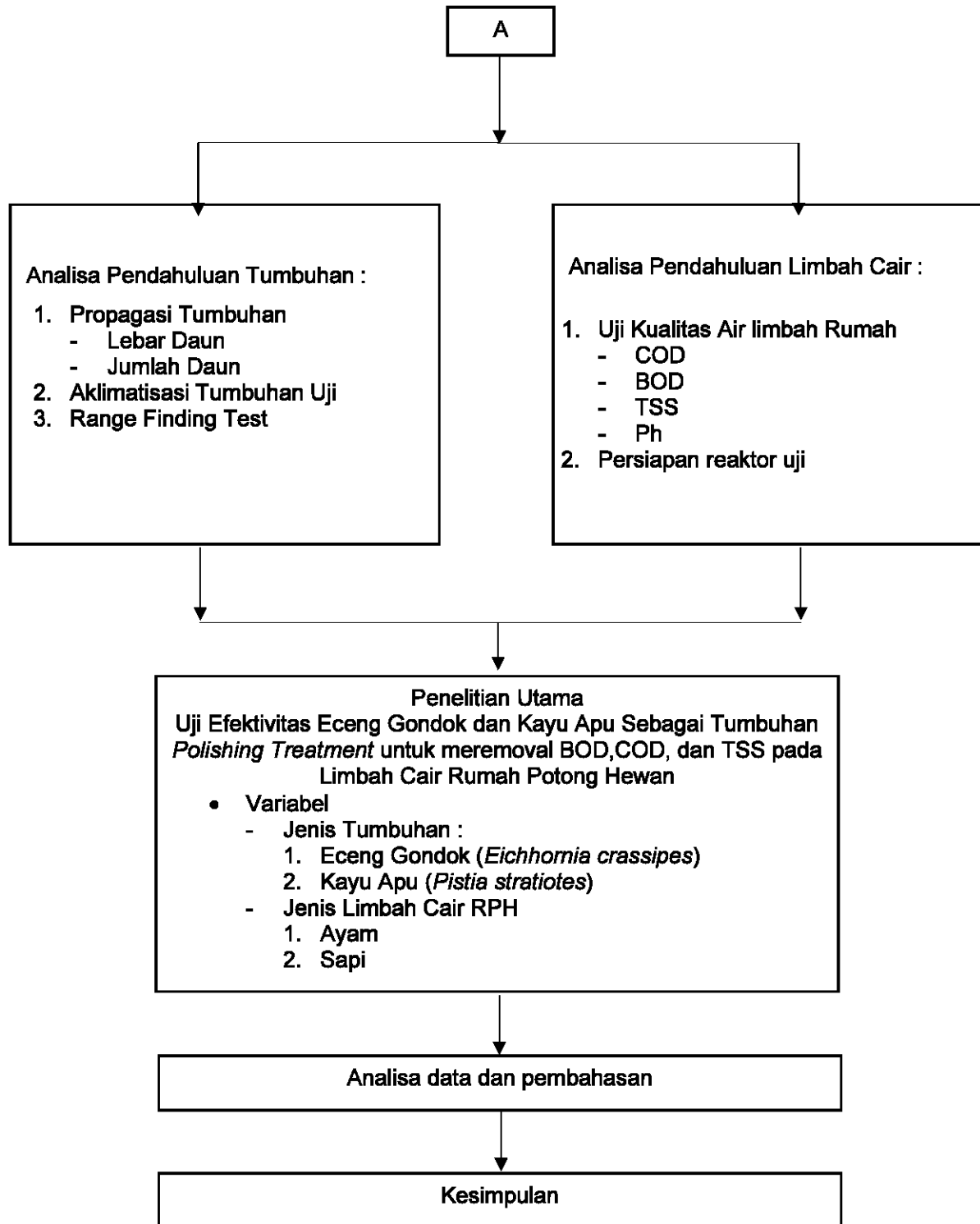
Kerangka penelitian sebagai acuan atau skema kerja yang akan dilaksanakan dalam penelitian. Penyusunan dilakukan dari tahap awal yaitu penyiapan alat dan bahan, pelaksanaan penelitian hingga penulisan laporan. Tujuan dari kerangka penelitian yaitu :

Sebagai gambaran awal mengenai tahapan-tahapan penelitian agar pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi sistematis, terarah dan mengurangi terjadinya kesalahan dalam pelaksanaannya.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian ini berisi langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :





### 3.3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian merupakan tahapan awal penelitian yang digunakan untuk menetapkan rumusan masalah, yang kemudian didapatkan tujuan dan manfaat penelitian. Ide penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan tumbuhan eceng gondok dan kayu apu dalam mengolah limbah cair rumah potong hewan.

### 3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung jalannya penelitian. Hal ini dilakukan untuk mencari dasar teori yang berkaitan dengan penelitian. Sumber literatur didapatkan dari jurnal-jurnal, buku, maupun penelitian yang terdahulu.

### 3.3.3 Variabel

- a. Variabel Penelitian merupakan suatu satuan yang dapat diubah sehingga mempengaruhi hasil penelitian. Variabel penelitian ini adalah sebagai berikut :
  - Variasi jenis tumbuhan  
Variasasi jenis tumbuhan bertujuan untuk mengetahui kemampuan pada beberapa jenis tumbuhan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dalam limbah cair rumah potong hewan. Jenis tumbuhan yang divariasikan dalam penelitian ini yaitu eceng gondok dan kayu apu.
  - Variasi limbah cair rumah potong hewan  
Variasasi jenis limbah bertujuan untuk mendapatkan beda karakteristik limbah. Limbah cair rumah potong hewan yang divariasikan dalam penelitian ini yaitu limbah cair RPH sapi dan ayam
- b. Parameter yang diteliti selama penelitian :
  - Parameter utama
    - BOD
    - COD
    - TSS
  - Parameter Pendukung
    - Morfologi Tumbuhan
    - pH
    - Suhu

### 3.3.4 Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini diperlukan alat dan bahan untuk menunjang terlaksananya penelitian. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

Alat :

**Tabel 3.1 Reaktor uji RFT**

Sapi		Eceng Gondok			
C1	C2	C3	C4	C5	Kontrol

Ayam		Eceng Gondok			
C1	C2	C3	C4	C5	Kontrol

Sapi		Kayu Apu			
C1	C2	C3	C4	C5	Kontrol

Ayam		Kayu Apu			
C1	C2	C3	C4	C5	Kontrol

1. Reaktor plastik bervolume 5 L (D21 x t17,5 cm) sebanyak 12 buah untuk *Range Finding Test* Eceng gondok
2. Reaktor plastik bervolume 5 L (D21 x t17,5 cm) sebanyak 12 buah untuk *Range Finding Test* Kayu Apu

3. Reaktor plastik persegi bervolume 30 L (48,5 x 31 x 27,5 cm) sebanyak 8 buah untuk uji kemampuan tumbuhan
4. Reaktor plastik bervolume 33 L ( D45 x t21 cm) sebanyak 4 buah untuk propagasi

**Tabel 3.2 Reaktor uji kemampuan tumbuhan**

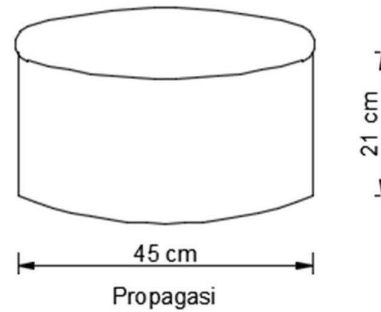
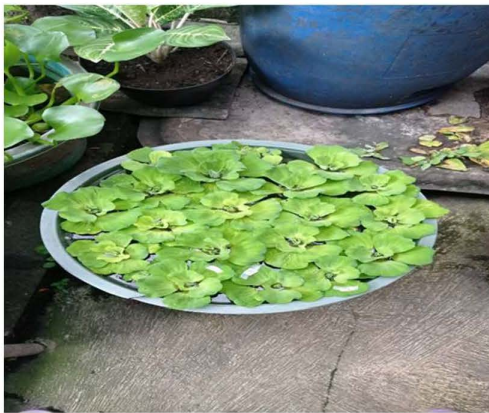
ES	KS	Kontrol S	Kontrol E
EA	KA	Kontrol A	Kontrol K

E : Eceng Gondok

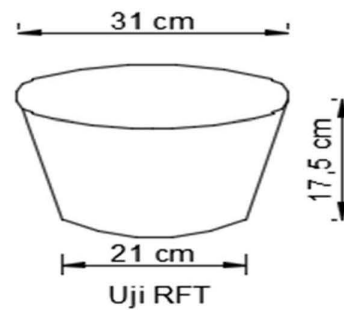
S : Limbah cair sapi

K : Kayu Apu

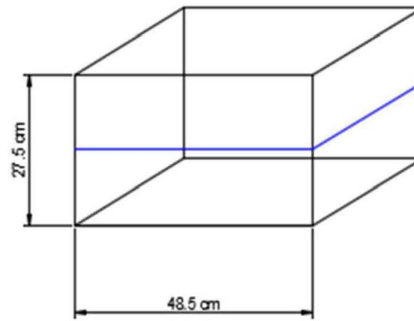
A : Limbah cair ayam



**Gambar 3.1 Reaktor Propagasi**



**Gambar 3.2 Reaktor Uji Range Finding Test**



**Gambar 3.3 Reaktor Uji Utama**

Sedangkan bahan-bahan yang dibutuhkan adalah :

1. Limbah cair Rumah Potong Hewan. Limbah yang digunakan yaitu limbah cair RPH sapi dan RPH ayam. Sampel air limbah diambil dari *inlet* IPAL jika RPH memiliki IPAL, dan sampel air limbah diambil dari saluran pembuangan jika RPH tidak memiliki IPAL.
2. Tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).
3. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam analisis parameter uji.
  - a. Analisa BOD<sub>5</sub> dengan metode titrasi winkler :
    - Air pengencer
    - Larutan mangan sulfat
    - Larutan pereaksi oksigen
    - Larutan asam sulfat
    - Indikator amilum
    - Natrium thiosulfat
  - b. Analisa COD dengan metode refluk tertutup :
    - Kristal Hg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
    - Kalium dikromat
    - Larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
    - Silver sulfate (Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
    - Indikator ferroin
    - Larutan standar fero ammonium
  - c. Analisa TSS dengan metode Gravimetri

### 3.3.5 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan untuk penelitian ini yakni propagasi tumbuhan, aklimatisasi, *range finding test*, uji kualitas air limbah.

- Propagasi  
Pengamatan terhadap tumbuhan dilakukan dengan mengamati karakteristik fisik berupa panjang tumbuhan, lebar daun dan akar tumbuhan pada umur dan tinggi yang sama akan digunakan pada setiap tahapan penelitian, dan diharapkan dengan demikian maka kondisi awal tumbuhan yang digunakan adalah sama. Propagasi dilakukan minimal satu bulan dan tumbuhan yang menjadi generasi

kedua akan digunakan untuk uji range finding test dan uji fitotreatment (Herrena dan Titah, 2017)

- **Aklimatisasi**  
Aklimatisasi dilakukan dengan mengambil tumbuhan hasil propagasi dan memindahkannya ke reaktor aklimatisasi. Tahap aklimatisasi dilakukan agar tumbuhan beradaptasi sebelum dilakukan range finding test dan uji utama dilakukan selama 7 hari (Herrena dan Titah, 2017)
- **Range Finding Test**  
Uji range finding test harus dilakukan untuk menetapkan konsentrasi zat uji yang akan digunakan untuk pengujian utama (USEPA, 2002). Tujuan dilakukannya uji *Range Finding test* untuk menemukan konsentrasi limbah yang dapat diterima oleh tumbuhan uji. Konsentrasi limbah yang digunakan dalam uji Range Finding Test yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, 80% (Tangahu & Putri, 2017). Variasi konsentrasi limbah untuk pengujian range finding test dilakukan dengan deret geometrik menggunakan konsentrasi 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, dan 80% dan dilakukan selama 7 hari (Nafiat dan Titah, 2021)

Untuk menentukan banyaknya jumlah tumbuhan, maka digunakan rumus berikut

$$\text{Massa Tumbuhan} = \text{Densitas Tumbuhan} \times \text{Volume Limbah} \quad (3.1)$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{\text{Massa Tumbuhan}}{\text{Berat Basah Tumbuhan}} \quad (3.2)$$

(Herrena & Titah, 2017)

- **Uji kualitas air limbah**  
Pengujian kualitas air limbah dilakukan untuk mengetahui konsentrasi parameter yang akan digunakan untuk penelitian.

### 3.3.6 Penelitian Utama

Tahap ini dilakukan pengujian tumbuhan eceng gondok dan kayu apu menggunakan limbah cair rumah potong hewan yang telah ditentukan konsentrasinya dari uji *range finding test*. Tumbuhan yang digunakan yaitu dari tahap propagasi dan tahap aklimatisasi. Hal ini diharapkan agar tumbuhan yang digunakan dalam penelitian memiliki ukuran dan kemampuan yang sama. Parameter yang akan diuji yaitu BOD, COD, dan TSS. Menurut Nafiat dan Titah (2021) Pengamatan fitoproses dilakukan selama 14 hari sedangkan pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-0, ke-10, dan ke-14.

Untuk menentukan banyaknya jumlah tumbuhan, maka digunakan rumus berikut

$$\text{Massa Tumbuhan} = \text{Densitas Tumbuhan} \times \text{Volume Limbah} \quad (3.1)$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{\text{Massa Tumbuhan}}{\text{Berat Basah Tumbuhan}} \quad (3.2)$$

### 3.3.7 Analisis Parameter

Parameter yang akan diamati pada penelitian ini yaitu COD, BOD<sub>5</sub>, dan TSS. Pengamatan parameter dilakukan pada hari ke-0, ke-10, dan ke-14. Sampel uji limbah akan diambil dari masing-masing reaktor melalui bagian atas reaktor menggunakan pipet dan dimasukkan ke botol sampel. Langkah-langkah pengujian parameter mengikuti langkah sebagai berikut :

1. BOD : SNI 6989.72:2009
2. COD : SNI 6989.73:2009
3. TSS : SNI 06-6989.3-2019
4. pH : SNI 06-6989.11-2004
5. Suhu : SNI 06-6989.23-2005

### 3.3.8 Analisa dan Pembahasan

Analisa data dan pembahasan dilakukan dari data yang diperoleh dari penelitian. Pada analisa data dan pembahasan diperlukan teori-teori yang mendukung dengan penelitian. Kemudian dilakukan pembahasan pada data yang diperoleh sehingga mendapatkan suatu kesimpulan penelitian. Data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisa data. Untuk mengetahui nilai efektivitas maka digunakan perhitungan dengan rumus :

$$Efektivitas = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

- a = Konsentrasi sebelum pengolahan
- b = Konsentrasi setelah pengolahan

(Ningrum *et al*, 2020)

### 3.3.9 Kesimpulan

Kesimpulan untuk menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu Menggambarkan laju pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*), Menentukan nilai Range Finding Test eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap limbah cair rumah potong hewan, Mengkaji kemampuan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam menurunkan konsentrasi BOD,COD, dan TSS pada limbah cair rumah potong hewan ayam dan sapi

## BAB IV Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Uji Karakteristik Limbah

Limbah yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah rumah potong hewan sapi dan limbah rumah potong hewan ayam. Limbah rumah potong hewan sapi didapatkan dari RPH pegirian dan limbah rumah potong hewan ayam didapatkan dari pemotongan ayam di daerah banyu urip. Uji karakteristik air limbah digunakan untuk mengetahui kandungan awal limbah yang dibandingkan dengan parameter air limbah untuk usaha rumah potong hewan di PERMEN LHK nomor 5 tahun 2014. Hasil uji karakteristik limbah rumah potong hewan dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Awal RPH Sapi**

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
1	COD	mg/L	2560	200
2	BOD	mg/L	1615	100
3	TSS	mg/L	676	100

**Tabel 4.2 Hasil Uji Karakteristik Awal RPH Ayam**

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
1	COD	mg/L	960	200
2	BOD	mg/L	369	100
3	TSS	mg/L	564	100

Berdasarkan hasil analisis Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 diketahui air limbah Rumah Potong Hewan sapi dan Rumah Potong Hewan ayam masih belum memenuhi dengan baku mutu yang ditentukan.

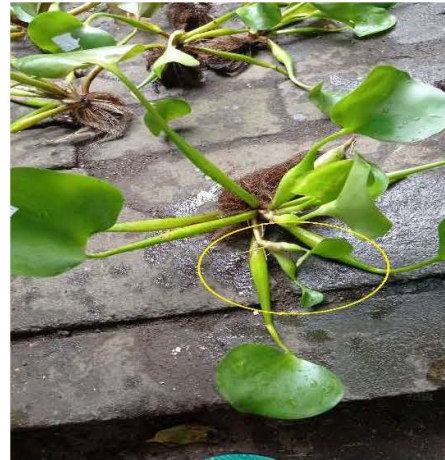
### 4.2 Tahap Propagasi

Pengamatan terhadap tumbuhan dilakukan dengan mengamati karakteristik fisik berupa panjang tumbuhan, lebar daun dan akar tumbuhan pada umur dan tinggi yang sama akan digunakan pada setiap tahapan penelitian, dan diharapkan dengan demikian maka kondisi awal tumbuhan yang digunakan adalah sama. Propagasi dilakukan minimal satu bulan dan tumbuhan yang menjadi generasi kedua akan digunakan untuk uji *range finding test* dan uji fitotreatment (Herrena dan Titah, 2017). Pengamatan laju pertumbuhan dilakukan dengan mengamati karakteristik tumbuhan eceng gondok dan kayu apu berupa lebar daun, jumlah daun, berat basah, dan panjang akar. Lama waktu pengamatan karakteristik tumbuhan selama 30 hari. Tumbuhan kayu apu tumbuh tunas pada hari ke-17 dan tumbuhan eceng gondok tumbuh tunas pada hari ke-20.





(A)

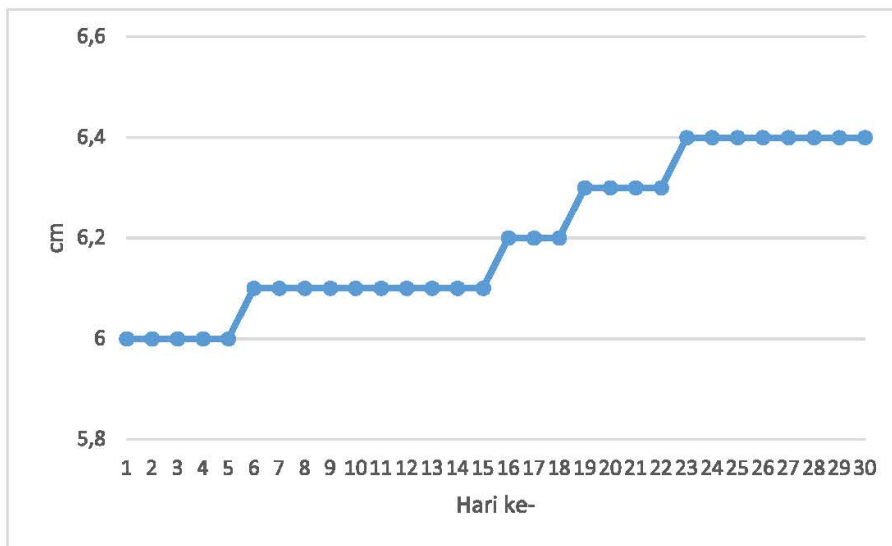


(B)

**Gambar 4.1 Tunas Pada Tumbuhan  
(A) Kayu Apu                      (B) Eceng Gondok**

#### 4.2.1 Laju Pertumbuhan Eceng Gondok

Dari hasil pengamatan laju pertumbuhan pada tumbuhan eceng gondok, dapat diketahui umur tumbuhan yang akan digunakan pada tahap penelitian Range Finding Test dan penelitian utama. Tumbuhan eceng gondok dipilih yang berumur 13 hari. Dimana pada umur 13 hari tumbuhan eceng gondok memiliki jumlah daun sebanyak 6 helai dan lebar daun eceng gondok 6,1 cm. Tumbuhan pada hari ke-13 mengalami pertumbuhan yang signifikan sampai hari ke-23 pengamatan.



**Gambar 4. 2 Laju Pertumbuhan Lebar Daun pada Tumbuhan Eceng Gondok**

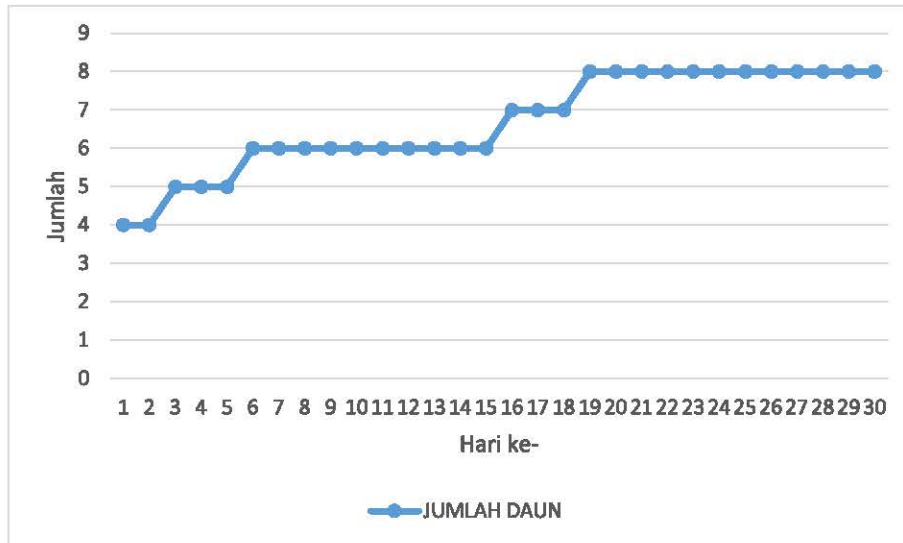
Pengukuran laju pertumbuhan lebar daun pada eceng gondok dengan mengamati perubahan lebar daun perhari yang diukur menggunakan penggaris. Daun eceng gondok yang diamati mengalami pertumbuhan yang signifikan pada hari ke-3 sampai pada hari ke-23. Dengan lebar daun mulai 6 cm pada saat hari ke-1 pengamatan sampai dengan 6,4 cm pada hari ke-30 pengamatan.

Laju pertumbuhan rata-rata lebar daun dihitung dengan rumus berikut

$$LP = \frac{It-1}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$LP = \frac{6,4 - 6}{30}$$

$$LP = 0,013 \text{ cm/hari}$$



**Gambar 4. 3 Laju Pertumbuhan Jumlah Daun pada Tumbuhan Eceng Gondok**

Pengukuran laju pertumbuhan jumlah daun pada eceng gondok dengan mengamati jumlah daun perhari. Daun eceng gondok yang diamati mengalami penambahan yang signifikan pada hari ke-2 sampai pada hari ke-19. Dengan jumlah daun 4 helai pada saat hari ke-1 pengamatan sampai dengan 8 cm pada hari ke-30 pengamatan.

Laju pertumbuhan rata-rata jumlah daun dihitung dengan rumus berikut

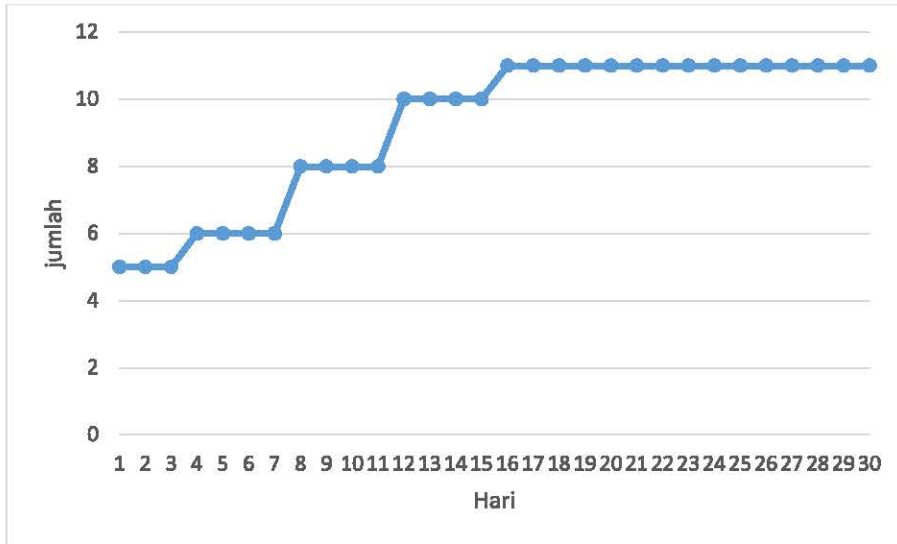
$$LP = \frac{It-10}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$LP = \frac{8 - 4}{30}$$

$$LP = 0,13 \text{ helai/hari}$$

#### 4.2.2 Laju Pertumbuhan Kayu Apu

Dari hasil pengamatan laju pertumbuhan pada tumbuhan kayu apu, dapat diketahui umur tumbuhan yang akan digunakan pada tahap penelitian *Range Finding Test* dan penelitian utama. Tumbuhan kayu apu dipilih yang berumur 8 hari. Dimana pada 8 hari tumbuhan kayu apu memiliki jumlah daun sebanyak 8 helai dan lebar daun kayu apu 4,5 cm. Pemilihan penggunaan tumbuhan pada umur 8 hari dikarenakan tumbuhan pada hari ke-8 mengalami pertumbuhan yang signifikan sampai hari ke-16 pengamatan.



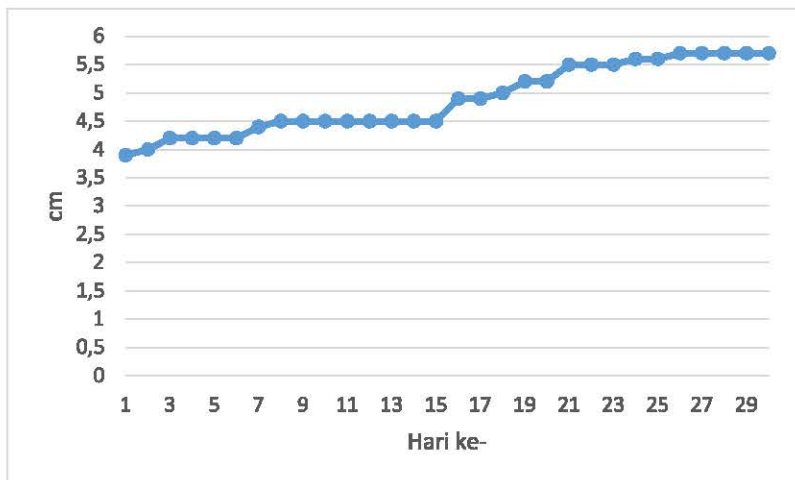
**Gambar 4. 4 Laju Pertumbuhan Jumlah Daun pada Tumbuhan Kayu Apu**

Pengukuran laju pertumbuhan jumlah pada Kayu Apu dengan mengamati perubahan lebar daun perhari. Daun Kayu Apu yang diamati mengalami pertumbuhan yang signifikan pada hari ke-3 sampai pada hari ke-15. Dengan jumlah daun 5 helai pada saat hari ke-1 pengamatan sampai dengan 11 helai pada hari ke-30 pengamatan.laju pertumbuhan rata-rata jumlah daun dihitung dengan rumus berikut

$$LP = \frac{It - I_0}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$LP = \frac{11 - 5}{30}$$

$$LP = 0,2 \text{ helai/hari}$$



**Gambar 4. 5 Laju Pertumbuhan Lebar Daun pada Tumbuhan Kayu Apu**

Pengukuran laju pertumbuhan jumlah pada Kayu Apu dengan mengamati perubahan lebar daun perhari yang diukur menggunakan penggaris. Daun Kayu Apu yang diamati mengalami pertumbuhan yang signifikan pada hari ke-2 sampai pada hari ke-26. Dengan lebar

daun 3,9 cm pada saat hari ke-1 pengamatan sampai dengan 5,7 cm pada hari ke-30 pengamatan.

Laju pertumbuhan rata-rata lebar daun dihitung dengan rumus berikut

$$LP = \frac{lt-}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$LP = \frac{5,7 - 3,9}{30}$$

$$LP = 0,06 \text{ cm/hari}$$

### 4.3 Tahap aklimatisasi

Tahap aklimatisasi dilakukan agar tumbuhan dapat menyesuaikan diri pada kondisi yang akan dilakukan pada tahap *Range Finding Test* dan uji utama. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari. Tumbuhan yang hidup dapat digunakan pada tahap *Range Finding Test* dan uji utama. Pada tahap ini tumbuhan uji tidak mengalami kematian. Sehingga tumbuhan uji dapat digunakan pada *Range Finding Test* dan uji utama.

### 4.4 Range Finding Test

Uji range finding test harus dilakukan untuk menetapkan konsentrasi zat uji yang akan digunakan untuk pengujian utama (USEPA, 2002). Tujuan dilakukannya uji *Range Finding test* untuk menemukan konsentrasi limbah yang dapat diterima oleh tumbuhan uji. Konsentrasi limbah yang digunakan dalam uji Range Finding Test yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, 80% (Tangahu & Putri, 2017). Variasi konsentrasi limbah untuk pengujian range finding test dilakukan dengan deret geometrik menggunakan konsentrasi 0%, 5%, 10%, 20%, 40%, dan 80% dan dilakukan selama 7 hari (Nafiat dan Titah, 2021). *Range Finding Test* dilakukan pada ember berukuran 5 liter dengan volume air total untuk eceng gondok sebesar 4 liter dan kayu apu 2 liter. Tahap ini dilakukan selama 7 hari. Hasil pada tahap *Range Finding Test* dapat mengetahui batas konsentrasi yang tidak memberi efek kematian pada tumbuhan uji. Konsentrasi yang tidak memberi efek kematian tumbuhan uji digunakan pada uji utama. Menurut (Raisa,2017) densitas eceng gondok yang efektif digunakan yaitu 0,02 gr/cm<sup>3</sup> dan densitas kayu apu sebesar 0,04 gr/cm<sup>3</sup>. Penentuan jumlah tumbuhan dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Massa Tumbuhan} = \text{Densitas Tumbuhan} \times \text{Volume Limbah} \quad (1)$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{\text{Massa Tumbuhan}}{\text{Berat Basah Tumbuhan}} \quad (2)$$

(Herrena & Titah, 2017)

- Eceng Gondok

$$\text{Massa Tumbuhan} = 0,02 \text{ gr/cm}^3 \times 4000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa Tumbuhan} = 80 \text{ gr}$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{80 \text{ gr}}{21 \text{ gr}}$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = 3,8 \approx 4 \text{ tumbuhan}$$

- Kayu Apu











































$$\text{Massa Tumbuhan} = 0,04 \text{ gr/cm}^3 \times 2000 \text{ cm}^3$$

Massa Tumbuhan = 80 gr















$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{80 \text{ gr}}{18 \text{ gr}}$$





























Jumlah Tumbuhan = 4,4 ≈ 4 tumbuhan

**Tabel 4.1 Pengamatan Fisik Eceng Gondok Pada RPH Sapi**











































Konsentra si	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
0%							
5%							
10%							
20%							
40%							
80%							

**Tabel 4.2 Pengamatan Fisik Tumbuhan Kayu Apu Pada RPH Sapi**

Konsentra si	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
0%							
5%							

Konsentra si	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
10%							
20%							
40%							
80%							

**Tabel 4. 3 Pengamatan Fisik Tumbuhan Eceng Gondok Pada RPH Ayam**

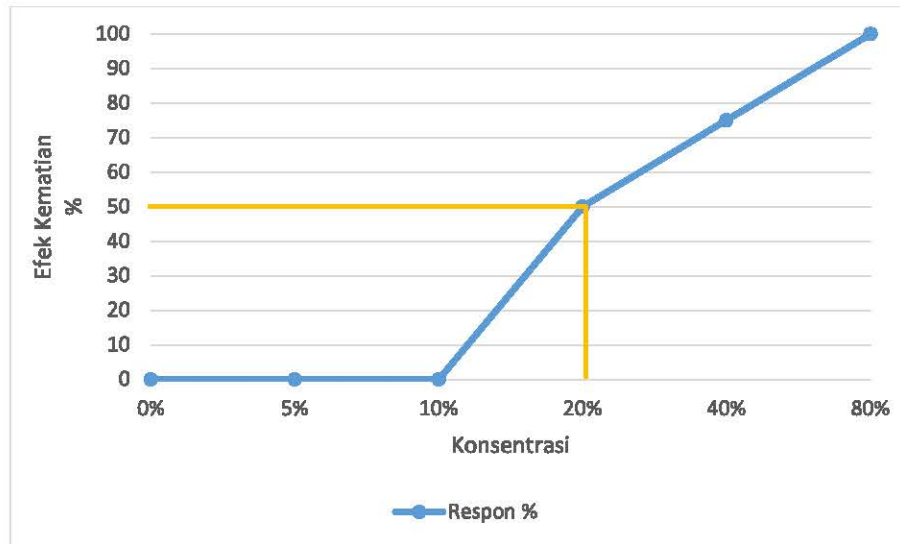
Konsentra si	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
0%							
5%							
10%							
20%							
40%							
80%							

**Tabel 4. 4 Pengamatan Fisik Tumbuhan Kayu Apu Pada RPH Ayam**



**Tabel 4. 5 Hasil Range Finding Test Eceng Gondok terhadap RPH Sapi**

Konsentrasi Limbah %	Jumlah Tumbuhan Eceng Gondok	Hidup	Mati	Efek Kematian Tumbuhan %
0	4	4	-	0
5	4	4	-	0
10	4	4	-	0
20	4	2	2	50
40	4	1	3	75
80	4	0	4	100



**Gambar 4. 6 Konsentrasi Respon Eceng Gondok Terhadap RPH Sapi**

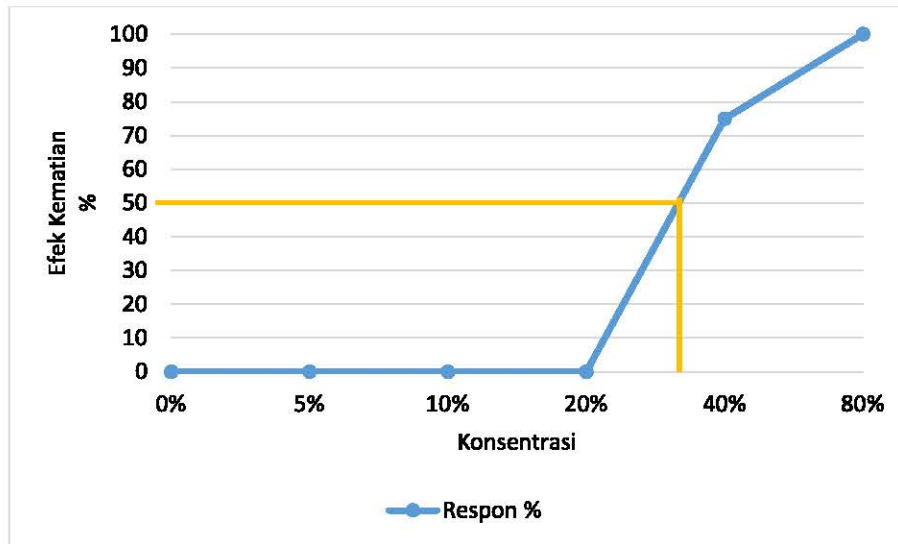
Dari percobaan *Range Finding Test* tumbuhan eceng gondok terhadap air limbah RPH sapi, dapat diketahui dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 bahwa tumbuhan eceng gondok tidak mengalami kematian pada konsentrasi 0% atau 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 5% tumbuhan eceng gondok tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 10% tumbuhan eceng gondok tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 20% tumbuhan eceng gondok mengalami efek kematian sebesar 50% atau sebanyak 2 tumbuhan. Pada konsentrasi 40% tumbuhan eceng gondok mengalami efek kematian sebesar 75% atau sebanyak 3 tumbuhan. Pada konsentrasi 80% tumbuhan eceng gondok mengalami efek kematian sebesar 100% atau sebanyak 4 tumbuhan.

LC-50 juga dianalisis pada percobaan *Range Finding Test*. LC-50 pada RFT eceng gondok terhadap air limbah RPH sapi didapat dengan menarik garis pada efek kematian 50% di sumbu X dan dipotongkan pada kurva *Range Finding Test* dan ditarik ke sumbu Y. Didapatkan LC-50 pada konsentrasi air limbah sebesar 20%, dengan efek kematian tumbuhan uji sebesar 50%.

**Tabel 4. 6 Hasil *Range Finding Test* Kayu Apu terhadap RPH Sapi**

Konsentrasi Limbah %	Jumlah Tumbuhan Eceng Gondok	Hidup	Mati	Efek Kematian Tumbuhan %
0	4	4	-	0
5	4	4	-	0
10	4	4	-	0
20	4	4	-	0
40	4	1	3	75
80	4	0	4	100





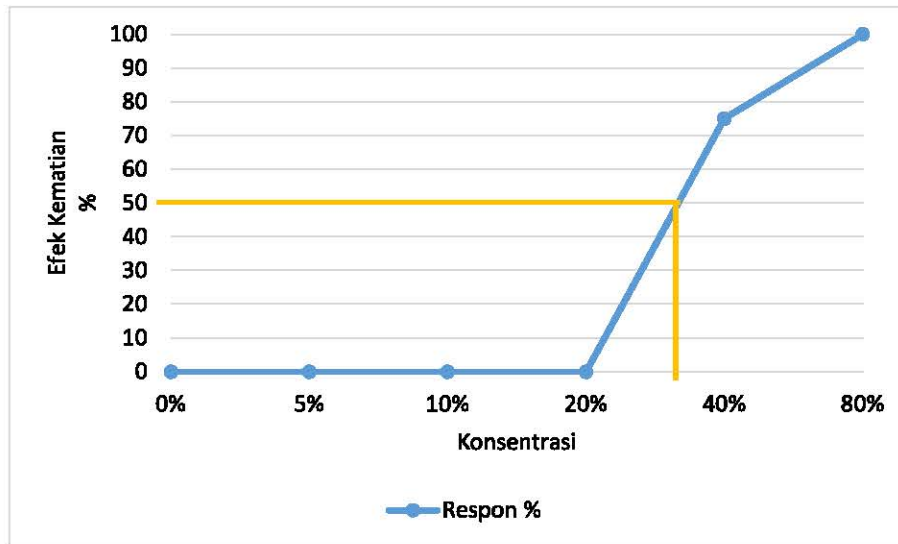
**Gambar 4. 7 Konsentrasi Respon Kayu Apu Terhadap RPH Sapi**

Dari percobaan *Range Finding Test* tumbuhan kayu apu terhadap air limbah RPH sapi, dapat diketahui dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.7 bahwa tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian pada konsentrasi 0% atau 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 5% tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 10% tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 20% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 0% atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 40% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 75% atau sebanyak 3 tumbuhan. Pada konsentrasi 80% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 100% atau sebanyak 4 tumbuhan.

LC-50 juga dianalisis pada percobaan *Range Finding Test*. LC-50 pada RFT eceng gondok terhadap air limbah RPH sapi didapat dengan menarik garis pada efek kematian 50% di sumbu X dan dipotongkan pada kurva *Range Finding Test* dan ditarik ke sumbu Y. Didapatkan LC-50 pada konsentrasi air limbah sebesar 30%, dengan efek kematian tumbuhan uji sebesar 50%.

**Tabel 4. 7 Hasil *Range Finding Test* Eceng Gondok terhadap RPH Ayam**

Konsentrasi Limbah %	Jumlah Tumbuhan Eceng Gondok	Hidup	Mati	Efek Kematian Tumbuhan %
0	4	4	-	0
5	4	4	-	0
10	4	4	-	0
20	4	4	-	0
40	4	1	3	75
80	4	0	4	100



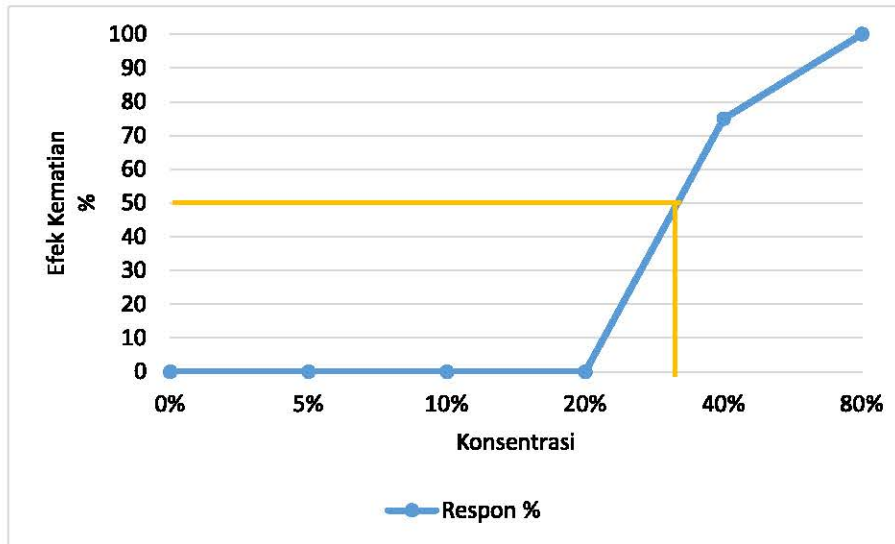
**Gambar 4. 8 Konsentrasi Respon Eceng Gondok terhadap RPH Ayam**

Dari percobaan *Range Finding Test* tumbuhan kayu apu terhadap air limbah RPH sapi, dapat diketahui dari Tabel 4.7 dan Gambar 4.8 bahwa tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian pada konsentrasi 0% atau 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 5% tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 10% tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 20% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 0% atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 40% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 75% atau sebanyak 3 tumbuhan. Pada konsentrasi 80% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 100% atau sebanyak 4 tumbuhan.

LC-50 juga dianalisis pada percobaan *Range Finding Test*. LC-50 pada RFT eceng gondok terhadap air limbah RPH sapi didapat dengan menarik garis pada efek kematian 50% di sumbu X dan dipotongkan pada kurva *Range Finding Test* dan ditarik ke sumbu Y. Didapatkan LC-50 pada konsentrasi air limbah sebesar 30%, dengan efek kematian tumbuhan uji sebesar 50%.

**Tabel 4. 8 Hasil *Range Finding Test* Eceng Gondok terhadap RPH Ayam**

Konsentrasi Limbah %	Jumlah Tumbuhan Eceng Gondok	Hidup	Mati	Efek Kematian Tumbuhan %
0	4	4	-	0
5	4	4	-	0
10	4	4	-	0
20	4	4	-	0
40	4	1	3	75
80	4	0	4	100



**Gambar 4. 9 Konsentrasi Respon Kayu Apu Terhadap RPH Ayam**

Dari percobaan *Range Finding Test* tumbuhan kayu apu terhadap air limbah RPH sapi, dapat diketahui dari Tabel 4.8 dan Gambar 4.9 bahwa tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian pada konsentrasi 0% atau 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 5% tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 10% tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 20% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 0% atau sebanyak 0 tumbuhan. Pada konsentrasi 40% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 75% atau sebanyak 3 tumbuhan. Pada konsentrasi 80% tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian sebesar 100% atau sebanyak 4 tumbuhan.

LC-50 juga dianalisis pada percobaan *Range Finding Test*. LC-50 pada RFT eceng gondok terhadap air limbah RPH sapi didapat dengan menarik garis pada efek kematian 50% di sumbu X dan dipotongkan pada kurva *Range Finding Test* dan ditarik ke sumbu Y. Didapatkan LC-50 pada konsentrasi air limbah sebesar 30%, dengan efek kematian tumbuhan uji sebesar 50%.

Nilai Range Finding Test merupakan konsentrasi maksimum limbah yang dapat diterima tumbuhan yang menunjukkan tumbuhan masih dapat bertahan hidup atau tidak mengalami kematian (Damanik dan Purwanti, 2018). Menurut Raissa dan Tangahu (2017) konsentrasi yang digunakan untuk uji utama menggunakan konsentrasi yang tidak membuat tumbuhan mati atau dengan efek kematian 0% dengan konsentrasi air limbah yang terbesar. Dari hasil pengamatan yang dilakukan selama 7 hari, dapat diketahui pada limbah RPH sapi eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah sebesar 10% yang berarti konsentrasi COD sebesar 256 mg/L, BOD sebesar 161,5 mg/L, dan TSS sebesar 67,6 mg/L. Sementara kayu apu dapat hidup pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 512 mg/L, BOD sebesar 323 mg/L, dan TSS sebesar 135,2 mg/L. Sedangkan pada limbah RPH ayam eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 192 mg/L, BOD sebesar 73,8 mg/L, dan TSS sebesar 112,8 mg/L. dan kayu apu pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 192 mg/L, BOD sebesar 73,8 mg/L, dan TSS sebesar 112,8 mg/L. Tumbuhan hidup yang mati ditandai dengan batang tumbuhan yang berwarna kuning kecoklatan dan batang menjadi lunak. Daun pada tumbuhan

menjadi kuning dan kering. Konsentrasi inilah yang akan dipakai pada uji utama dimaksudkan agar tumbuhan tetap dapat hidup pada penelitian utama.

#### 4.5 Fitotreatment

Penelitian utama pada penelitian ini merupakan uji fitotreatment limbah cair rumah potong hewan sapi dan rumah potong hewan ayam. Uji fitotreatment dilakukan untuk mengetahui efisiensi penyisihan pada parameter BOD, COD, dan TSS. Susunan reaktor yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari reaktor eceng gondok terhadap limbah cair sapi dan ayam, kayu apu terhadap limbah cair rumah potong hewan sapi dan ayam, reaktor kontrol berupa eceng gondok tanpa limbah, kayu apu tanpa limbah, limbah cair RPH sapi tanpa tumbuhan, limbah cair RPH ayam tanpa tumbuhan. Setiap reaktor diberi nama agar mempermudah pengamatan yang dijelaskan sebagai berikut :

- Eceng Gondok dengan limbah cair RPH sapi (ES)
- Kayu Apu dengan limbah cair RPH sapi (KS)
- Eceng Gondok dengan limbah cair RPH ayam (EA)
- Kayu apu dengan limbah cair RPH ayam (KA)
- Eceng Gondok tanpa limbah (E)
- Kayu Apu tanpa limbah (K)
- Limbah cair RPH sapi tanpa tumbuhan (S)
- Limbah cair RPH ayam tanpa tumbuhan (A)

Konsentrasi yang digunakan pada uji utama fitreatment menggunakan konsentrasi yang didapat pada uji *Range Finding Test*, yaitu pada konsentrasi limbah sebesar 10% yang berarti konsentrasi COD sebesar 256 mg/L, BOD sebesar 161,5 mg/L, dan TSS sebesar 67,6 mg/L. Sementara kayu apu dapat hidup pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 512 mg/L, BOD sebesar 323 mg/L, dan TSS sebesar 135,2 mg/L. Sedangkan pada limbah RPH ayam eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 192 mg/L, BOD sebesar 73,8 mg/L, dan TSS sebesar 112,8 mg/L. dan kayu apu pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 192 mg/L, BOD sebesar 73,8 mg/L, dan TSS sebesar 112,8 mg/L.

Banyak tumbuhan yang digunakan pada uji utama fitotreatment mengacu pada rumus

$$\begin{aligned} \text{Massa Tumbuhan} &= \text{Densitas Tumbuhan} \times \text{Volume Limbah} \quad (1) \\ \text{Jumlah Tumbuhan} &= \frac{\text{Massa Tumbuhan}}{\text{Berat Basah Tumbuha}} \quad (2) \end{aligned}$$

(Herrena & Titah, 2017)

- Eceng Gondok

$$\text{Massa Tumbuhan} = 0,02 \text{ gr/cm}^3 \times 15000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa Tumbuhan} = 300 \text{ gr}$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{300\text{gr}}{21 \text{ gr}}$$

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = 14,2 \approx 14 \text{ tumbuhan}$$

- Kayu Apu

$$\text{Massa Tumbuhan} = 0,04 \text{ gr/cm}^3 \times 10000 \text{ cm}^3$$

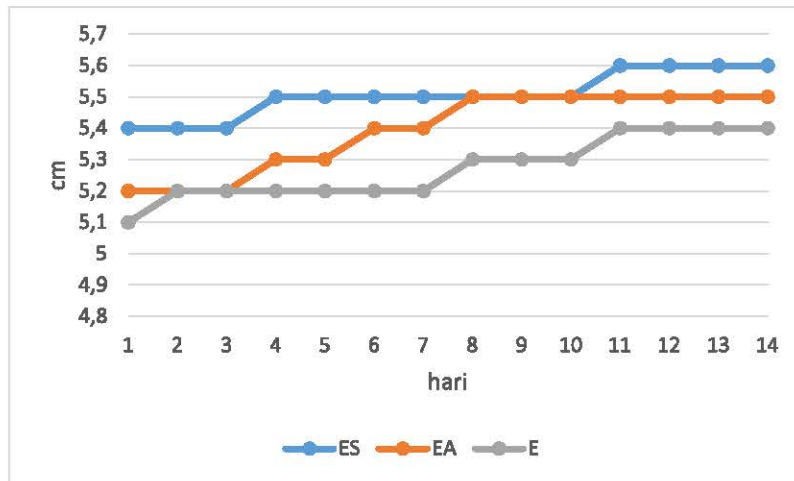
Massa Tumbuhan = 400 gr

$$\text{Jumlah Tumbuhan} = \frac{400\text{gr}}{18 \text{ gr}}$$

Jumlah Tumbuhan = 22,2  $\approx$  22 tumbuhan

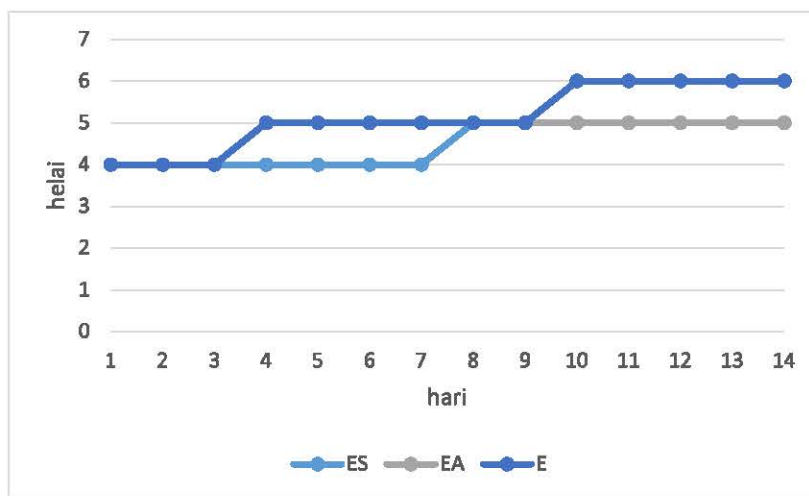
#### 4.5.1 Analisis Morfologi Tumbuhan

Pada penelitian ini, analisis morfologi tumbuhan dilakukan pengamatan setiap hari selama proses uji utama. Analisis dilakukan dengan pengamatan pada lebar daun dan jumlah daun pada tumbuhan uji yaitu pada tumbuhan eceng gondok dan kayu apu.



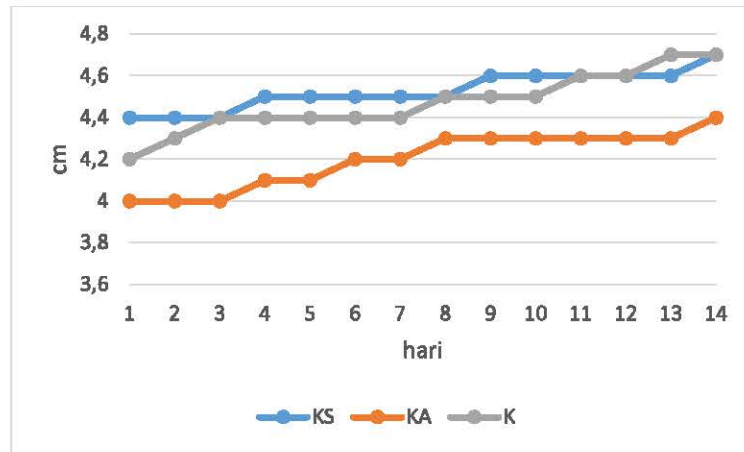
Gambar 4. 10 pertumbuhan lebar daun eceng gondok pada penelitian utama

Pengukuran lebar daun eceng gondok dilakukan pada daun yang terlihat segar dan hijau agar lebih terlihat pertumbuhannya dan mudah diamati secara jelas. Pada pengamatan yang dilakukan terlihat pertumbuhan lebar daun hampir sama tiap reaktor.



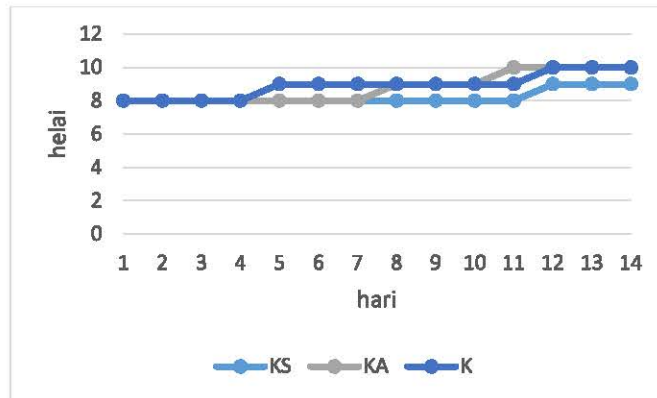
Gambar 4. 11 pertumbuhan jumlah daun eceng gondok pada penelitian utama

Pengamatan jumlah daun dihitung daun yang terlihat segar pada tumbuhan eceng gondok yang digunakan pada uji utama. Pertumbuhan jumlah daun dapat dilihat memiliki pertumbuhan yang hampir sama pada tiap reaktor eceng gondok.



**Gambar 4. 12** pertumbuhan lebar daun kayu apu penelitian utama

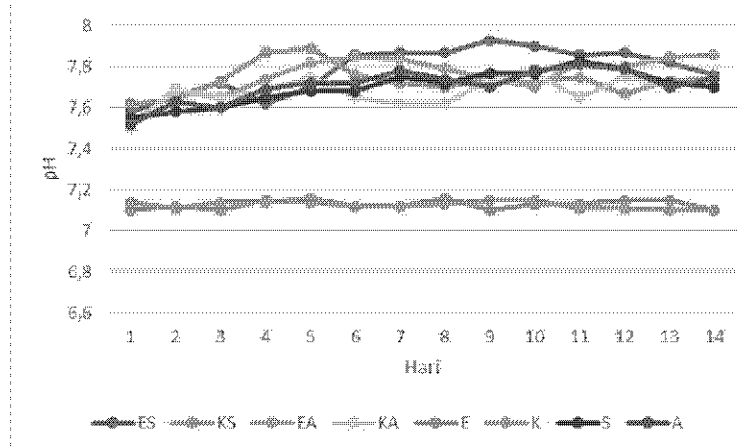
Pengukuran lebar daun eceng gondok dilakukan pada daun yang terlihat segar dan hijau agar lebih terlihat pertumbuhannya dan mudah diamati secara jelas. Pada pengamatan yang dilakukan terlihat pertumbuhan lebar daun hampir sama tiap reaktor.



**Gambar 4. 13** pertumbuhan lebar daun kayu apu penelitian utama

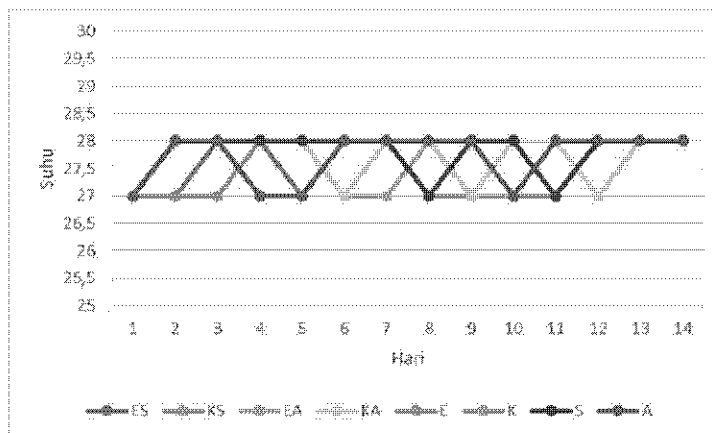
#### 4.5.2 Analisis pH dan Suhu

Pada penelitian ini pH dan suhu reaktor diukur setiap hari selama masa uji utama yaitu selama 14 hari. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah nilai pH dan suhu pada reaktor masuk dalam rentang yang optimal untuk penyisihan parameter.



**Gambar 4. 14 pH pada reaktor uji utama**

Analisis yang dilakukan menunjukkan data pH mengalami kenaikan dan penurunan selama masa uji utama. Semua reaktor hampir sama kecuali reaktor kontrol yang berupa air pengencer. Berdasarkan Widiyanto (1981), tumbuhan dapat tumbuh baik pada rentang pH 7,0-7,5. Pada penelitian ini rentang pH yang dianalisis menunjukkan angka sekitar 7,4-7,8. Meskipun melebihi dari rentang pH yang efektif, tumbuhan tetap dapat tumbuh dengan baik.



**Gambar 4. 15 suhu pada reaktor uji utama**

Analisis suhu yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan setiap hari selama uji utama yaitu selama 14 hari. Suhu yang dianalisis mengalami kenaikan dan penurunan selama masa uji utama. Suhu pada reaktor berkisar antara 27°C sampai dengan 28°C. Menurut Ratnani *et al* (2011) suhu optimum untuk eceng gondok tumbuh berkisar pada rentang suhu 28-30°C. Dari hasil analisis suhu reaktor eceng gondok berada pada kondisi diluar rentang yang optimum, tetapi tumbuhan eceng gondok tetap dapat tumbuh dengan baik pada kondisi tersebut. Sedangkan suhu yang optimal untuk kayu apu tumbuh menurut Jamil *et al* (2016) berada pada kisaran suhu 22-30°C. Pada hasil analisis ini kayu apu berada pada rentang suhu yang optimal untuk tumbuh. Tumbuhan kayu apu pada tiap reaktor mengalami pertumbuhan yang baik.

#### 4.5.3 Analisis COD

Chemical Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen terlarut oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai seluruh bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang terkandung dalam air limbah. Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. Nilai COD umumnya lebih besar dari BOD karena COD merupakan total dari bahan organik yang terkandung pada limbah, sedangkan BOD hanya merupakan bahan organik yang mudah didegradasi (Metcalf dan Eddy, 2013). Uji utama analisis COD dilakukan pada hari ke-0,7,14. Data analisis COD dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut

$$Efektivitas = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

a = Konsentrasi sebelum pengolahan

b = Konsentrasi setelah pengolahan

(Ningrum *et al.*, 2020)

$$Efektivitas = \frac{(256 - 64)}{256} \times 100\%$$

$$Efektivitas = 75\%$$

Kemudian dilakukan perhitungan yang sama pada tiap reaktor uji. Hasil Penyisihan COD pada tiap reaktor ditunjukkan pada Tabel 4.9

**Tabel 4. 9 Removal COD pada pengujian utama**

Sampel	Hari ke-		
	0	7	14
ES	0%	75%	81%
KS	0%	56%	72%
EA	0%	75%	88%
KA	0%	83%	92%
E	0%	25%	25%
K	0%	20%	40%
S	0%	63%	66%
A	0%	42%	50%

Pada tabel diatas eceng gondok mampu menyisihkan parameter COD pada limbah cair rumah potong hewan sapi (ES) pada hari ke-7 sebesar 75%, dan pada hari ke-14 sebesar 81%. Atau setara dengan 192 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 208 mg/l pada hari ke-14 dari konsentrasi awal sebesar 256 mg/l menjadi 48 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 208 mg/l. Tumbuhan eceng gondok pada limbah rumah potong hewan ayam (EA) terjadi penurunan parameter COD sebesar 75% pada hari ke-7 dan pada hari ke-14 sebesar 88%. Atau setara dengan 144 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 168 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal



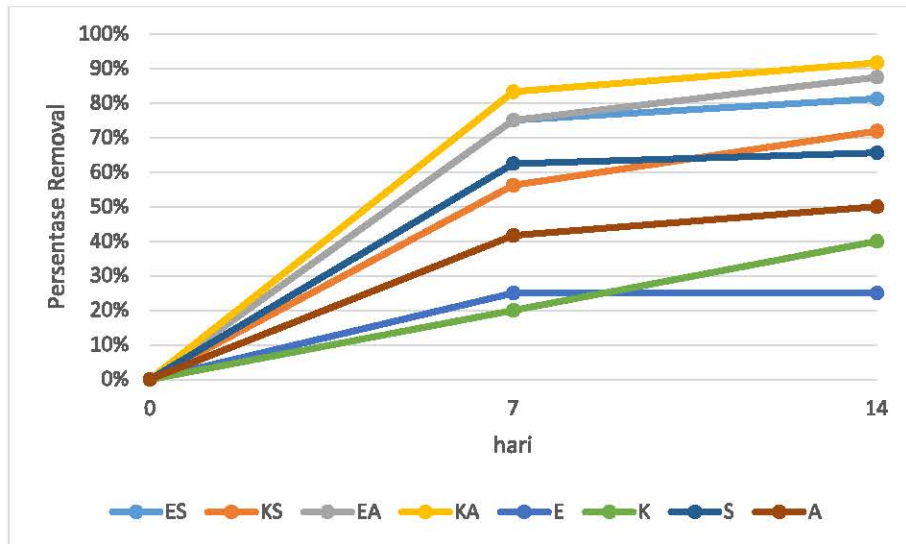
sebesar 192 mg/l menjadi 24 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 168 mg/l. Reaktor kontrol eceng gondok (E) terjadi penurunan parameter COD sebesar 25% pada hari ke-7 dan tetap 25% pada hari ke-14, atau sebesar 8 mg/l pada hari ke-7 dan 0 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal 32 mg/l menjadi 24 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 8 mg/l.

Pada kayu apu mampu menyisihkan parameter COD pada limbah cair rumah potong hewan sapi (KS) pada hari ke-7 sebesar 56%, dan pada hari ke-14 sebesar 72%. Atau setara dengan 288 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 368 mg/l pada hari ke-14 dari konsentrasi awal sebesar 512 mg/l menjadi 144 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 368 mg/l. Tumbuhan kayu apu pada limbah rumah potong hewan ayam (KA) terjadi penurunan parameter COD sebesar 83% pada hari ke-7 dan pada hari ke-14 sebesar 92%. Atau setara dengan 160 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 176 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal sebesar 192 mg/l menjadi 16 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 176 mg/l. Reaktor kontrol kayu apu (K) terjadi penurunan parameter COD sebesar 8% pada hari ke-7 dan 17% pada hari ke-14, atau sebesar 8 mg/l pada hari ke-7 dan 16 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal 40 mg/l menjadi 24 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 16 mg/l.

Pada reaktor kontrol air limbah juga terjadi penurunan konsentrasi, Penurunan air limbah rumah potong hewan sapi (S) pada hari ke-7 sebesar 63% dan pada hari ke-14 sebesar 66%. Atau sebesar 160 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 168 mg/l pada hari ke-14. Sedangkan reaktor kontrol air limbah rumah potong hewan ayam (A) sebesar 42% pada hari ke-7 dan sebesar 50% pada hari ke-14, atau sebesar 80 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 96 mg/l pada hari ke-14.

Pengolahan menggunakan tumbuhan dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kandungan COD pada air limbah. Akar tumbuhan terdapat mikroorganisme yang akan mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam air limbah. Senyawa organik tersebut dijadikan sebagai sumber nutrisi bagi mikroba dan selanjutnya diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses penurunan pencemar dalam limbah cair dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan. (Ningrum *et al.*, 2020)

Pada reaktor kontrol terjadi juga penurunan konsentrasi, menurut Rismawati *et al* (2020) dikarenakan alam mempunyai kemampuan self purification yaitu untuk membersihkan pencemaran yang berlangsung secara alamiah. Self purification secara biologi adalah proses dimana air limbah organik dihancurkan oleh mikroorganisme.



**Gambar 4. 16 removal COD pada pengujian utama**

#### 4.5.4 Analisis BOD

Biological Oxygen Demand merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah bahan-bahan organik yang terdapat dalam air. BOD perlu diperiksa untuk menentukan beban pencemar akibat air buangan industri atau penduduk untuk mendesain sistem pengolahan air limbah. Pemecahan bahan organik dijelaskan bahwa bahan organik digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya (Nurfadilah *et al.*, 2019). Data analisis COD dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut

$$Efektivitas = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

a = Konsentrasi sebelum pengolahan

b = Konsentrasi setelah pengolahan

(Ningrum *et al.*, 2020)

$$Efektivitas = \frac{(161,5 - 19,2)}{161,5} \times 100\%$$

$$Efektivitas = 88\%$$

Kemudian dilakukan perhitungan yang sama pada tiap reaktor uji. Hasil Penyisihan BOD pada tiap reaktor ditunjukkan pada Tabel 4. 10

**Tabel 4. 10 Removal BOD pada pengujian utama**

Sampel	Hari ke-		
	0	7	14
ES	0%	88%	94%

Sampel	Hari ke-		
	0	7	14
KS	0%	90%	93%
EA	0%	75%	91%
KA	0%	73%	89%
E	0%	30%	63%
K	0%	37%	83%
S	0%	85%	86%
A	0%	70%	81%

Pada tabel diatas eceng gondok mampu menyisihkan parameter BOD pada limbah cair rumah potong hewan sapi (ES) pada hari ke-7 sebesar 88%, dan pada hari ke-14 sebesar 94%. Atau setara dengan 142,3 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 151,5 mg/l pada hari ke-14 dari konsentrasi awal sebesar 161,5 mg/l menjadi 10 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 151,5 mg/l. Tumbuhan eceng gondok pada limbah rumah potong hewan ayam (EA) terjadi penurunan parameter BOD sebesar 75% pada hari ke-7 dan pada hari ke-14 sebesar 91%. Atau setara dengan 55,3 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 66,9 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal sebesar 73,8 mg/l menjadi 11 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 59,8 mg/l. Reaktor kontrol eceng gondok (E) terjadi penurunan parameter BOD sebesar 30% pada hari ke-7 dan tetap 63% pada hari ke-14, atau sebesar 7,1 mg/l pada hari ke-7 dan 15,1 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal 24 mg/l menjadi 8,9 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 15,1 mg/l.

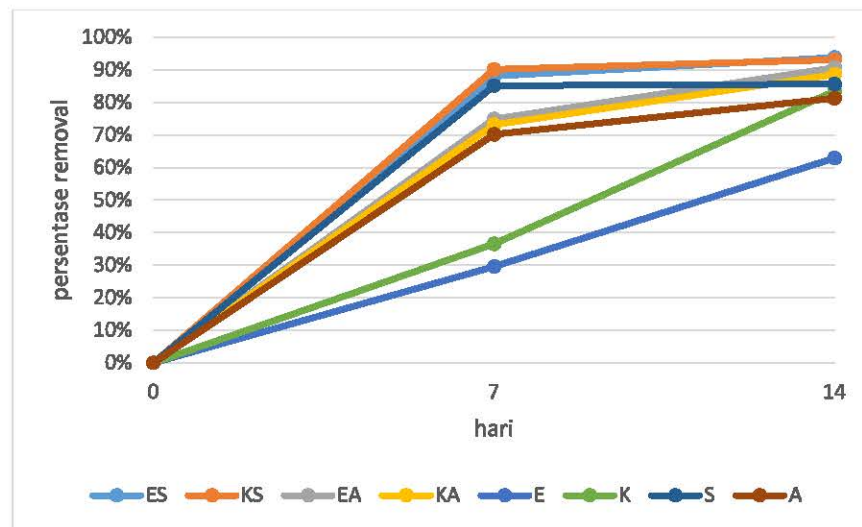
Pada kayu apu mampu menyisihkan parameter BOD pada limbah cair rumah potong hewan sapi (KS) pada hari ke-7 sebesar 90%, dan pada hari ke-14 sebesar 93%. Atau setara dengan 291 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 300,7 mg/l pada hari ke-14 dari konsentrasi awal sebesar 323 mg/l menjadi 22,3 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 300,7 mg/l. Tumbuhan kayu apu pada limbah rumah potong hewan ayam (KA) terjadi penurunan parameter BOD sebesar 73% pada hari ke-7 dan pada hari ke-14 sebesar 89%. Atau setara dengan 54 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 65,4 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal sebesar 73,8 mg/l menjadi 8,4 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 65,4 mg/l. Reaktor kontrol kayu apu (K) terjadi penurunan parameter BOD sebesar 37% pada hari ke-7 dan 83% pada hari ke-14, atau sebesar 9,5 mg/l pada hari ke-7 dan 21,7 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal 26 mg/l menjadi 4,3 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 21,7 mg/l.

Pada reaktor kontrol air limbah juga terjadi penurunan, Penurunan air limbah rumah potong hewan sapi (S) pada hari ke-7 sebesar 85% dan pada hari ke-14 sebesar 86%. Atau sebesar 137,5 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 138,3 mg/l pada hari ke-14. Sedangkan reaktor kontrol air limbah rumah potong hewan ayam (A) sebesar 70% pada hari ke-7 dan sebesar 81% pada hari ke-14, atau sebesar 51,8 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 60 mg/l pada hari ke-14.

Penurunan konsentrasi BOD dapat disebabkan oleh aktivitas yang terjadi pada tumbuhan air yang digunakan sebagai tumbuhan uji. Tumbuhan air memiliki kemampuan unik yang dapat mengangkut oksigen dari bagian tumbuhan yang tidak terendam air ke bagian bawah tumbuhan yang terendam air, oksigen ini secara signifikan dapat menambah jumlah oksigen dalam air. Oksigen yang berada pada zona akar berperan penting untuk pertumbuhan mikroba *aerobic* untuk degradasi limbah. Padatan tersuspensi pada air limbah dapat meningkatkan aktivitas mikroba (Dipu *et al*, 2011) Menurut Rismawati *et al* (2020) terjadinya penurunan

konsentrasi BOD dikarenakan meningkatnya oksigen terlarut pada air limbah, penambahan oksigen terlarut ini didapatkan dari proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan uji. Akibatnya oksigen terlarut pada reaktor akan meningkat, dan hal ini mikroorganisme akan bersimbiosis pada akar tanaman dan dapat menguraikan bahan organik.

Penurunan konsentrasi BOD juga disebabkan oleh proses fitodegradasi, kontaminan yang terserap oleh akar mengalami penguraian oleh proses metabolisme tumbuhan. Penurunan zat pencemar dapat diakibatkan oleh proses fitovolatilisasi yang merupakan penyerapan polutan oleh tanaman setelah proses fitodegradasi dan dikeluarkan dalam bentuk uap air ke atmosfer (Rismawati *et al*, 2020)



**Gambar 4. 17 removal BOD pada pengujian utama**

#### 4.5.5 Analisis TSS

Total suspended solid merupakan bagian dari total solid yang tertahan pada saringan yang spesifik. Dihitung setelah pengeringan dengan menggunakan oven dengan suhu 105°C. Hasil dari uji TSS digunakan untuk memantau performa dari pengolahan konvensional. Uji TSS merupakan standar uji effluent yang digunakan bersama dengan uji BOD (Metcalf dan Eddy, 2013). Uji utama analisis TSS dilakukan pada hari ke-0,7,14. Data analisis TSS dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut

$$Efektivitas = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

a = Konsentrasi sebelum pengolahan

b = Konsentrasi setelah pengolahan

(Ningrum *et al*, 2020)

$$Efektivitas = \frac{(67,6 - 52)}{67,6} \times 100\%$$

$$Efektivitas = 23\%$$

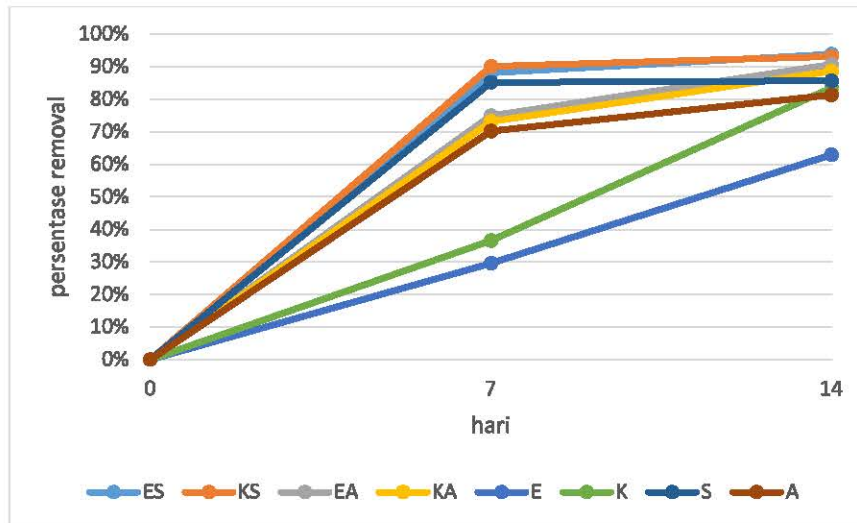
**Tabel 4. 11 Removal TSS pada pengujian utama**

Sampel	Hari ke-		
	0	7	14
ES	0%	23%	41%
KS	0%	32%	40%
EA	0%	41%	57%
KA	0%	50%	68%
E	0%	0%	60%
K	0%	33%	33%
S	0%	11%	20%
A	0%	13%	33%

Pada tabel diatas eceng gondok mampu menyisihkan parameter TSS pada limbah cair rumah potong hewan sapi (ES) pada hari ke-7 sebesar 75%, dan pada hari ke-14 sebesar 81%. Atau setara dengan 192 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 208 mg/l pada hari ke-14 dari konsentrasi awal sebesar 256 mg/l menjadi 48 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 208 mg/l. Tumbuhan eceng gondok pada limbah rumah potong hewan ayam (EA) terjadi penurunan parameter TSS sebesar 75% pada hari ke-7 dan pada hari ke-14 sebesar 88%. Atau setara dengan 144 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 168 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal sebesar 192 mg/l menjadi 24 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 168 mg/l. Reaktor kontrol eceng gondok (E) terjadi penurunan parameter TSS sebesar 0% pada hari ke-7 dan tetap 60% pada hari ke-14, atau sebesar 0 mg/l pada hari ke-7 dan 3 mg/l pada hari ke-14, dari konsentrasi awal 5 mg/l menjadi 2 mg/l, yang berarti terjadi penyisihan sebesar 3 mg/l.

Reaktor kayu apu dapat menyisihkan parameter TSS pada limbah cair RPH sapi dengan kode reaktor (KS) pada hari ke-7 sebesar 56%, dan pada hari ke-14 sebesar 72%. Dengan konsentrasi sebesar 288 mg/L pada hari ke-7 dan pada hari ke-14 sebesar 368 mg/L. Penurunan sebesar 368 mg/L dari konsentrasi awal. Reaktor dengan kode (KA) atau tumbuhan kayu apu pada limbah RPH ayam terjadi penurunan parameter TSS sebesar 83% pada hari ke-7 dan 92% pada hari ke-14. Terjadi penurunan sebesar 176 mg/L dari konsentrasi awal. Sedangkan pada reaktor kontrol kayu apu penurunan TSS sebesar 33% pada hari ke-7 dan 0% pada hari ke-14. Terjadi penurunan sebesar 4 mg/L dari konsentrasi awal.

Pada reaktor kontrol air limbah juga terjadi penurunan konsentrasi, Penurunan air limbah rumah potong hewan sapi (S) pada hari ke-7 sebesar 63% dan pada hari ke-14 sebesar 66%. Atau sebesar 160 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 168 mg/l pada hari ke-14. Sedangkan reaktor kontrol air limbah rumah potong hewan ayam (A) sebesar 42% pada hari ke-7 dan sebesar 50% pada hari ke-14, atau sebesar 80 mg/l pada hari ke-7 sampai dengan 96 mg/l pada hari ke-14.



**Gambar 4. 18 removal TSS pada pengujian utama**

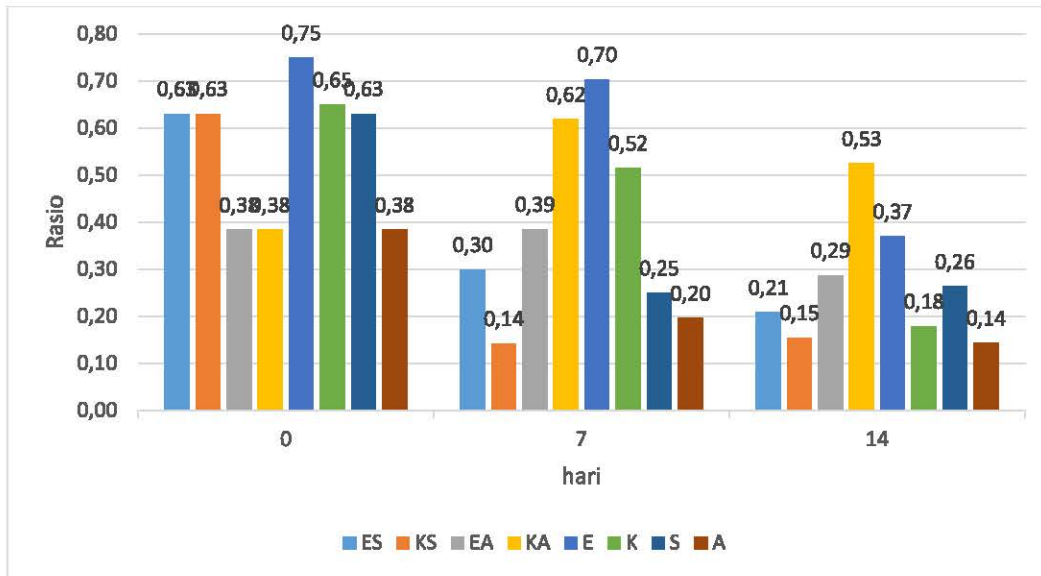
#### 4.5.6 Analisis Rasio BOD/COD

Rasio BOD/COD merupakan indikator tingkat degradasi suatu zat. Ketika suatu limbah tingkat degradasinya semakin tinggi, maka rasio BOD/COD tersebut akan berbanding lurus menjadi semakin besar. Rasio BOD/COD antara 0,1-1,0 termasuk kelompok zona *biodegradable* (Samudro dan Mangkoedihardjo, 2010). Tingkat penurunan oleh mikroba dapat dievaluasi dengan rata-rata hasil bagi biodegradabilitas yang terukur sebagai rasio BOD/COD. Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimiawi. Jika bahan organik yang belum diolah dibuang ke badan perairan, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Nilai COD biasanya lebih tinggi dari pada nilai BOD, karena bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses kimia lebih banyak daripada bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses biologis.

$$\text{Rasio BOD/COD} = \frac{\text{BOD hari ke0}}{\text{COD hari ke0}}$$

$$\text{Rasio BOD/COD} = \frac{161}{256}$$

$$\text{Rasio BOD/COD} = 0,63$$



**Nilai rasio BOD/COD di awal sebelum pengolahan pada reaktor**

- Reaktor (ES) sebesar 0,63
- Reaktor (KS) sebesar 0,63
- Reaktor (EA) sebesar 0,38
- Reaktor (KA) sebesar 0,38
- Reaktor (E) sebesar 0,75
- Reaktor (K) sebesar 0,65
- Reaktor (S) sebesar 0,63
- Reaktor (A) sebesar 0,38

Pada analisis hari ke-7 terjadi penurunan rasio BOD/COD pada uji ES, KS, E, K, S, A sementara kenaikan rasio BOD/COD terjadi pada reaktor EA, KA. Dengan nilai rasio BOD/COD yang dianalisis pada hari ke-7 sebagai berikut

- Reaktor (ES) sebesar 0,30
- Reaktor (KS) sebesar 0,14
- Reaktor (EA) sebesar 0,39
- Reaktor (KA) sebesar 0,62
- Reaktor (E) sebesar 0,70
- Reaktor (K) sebesar 0,52
- Reaktor (S) sebesar 0,25
- Reaktor (A) sebesar 0,20

Pada analisis hari ke-14 terjadi penurunan rasio BOD/COD dibandingkan pada analisis hari ke-14. Penurunan nilai rasio BOD/COD terjadi pada semua reaktor uji.

- Reaktor (ES) sebesar 0,21
- Reaktor (KS) sebesar 0,15
- Reaktor (EA) sebesar 0,29
- Reaktor (KA) sebesar 0,53
- Reaktor (E) sebesar 0,37
- Reaktor (K) sebesar 0,18
- Reaktor (S) sebesar 0,26
- Reaktor (A) sebesar 0,14

- Reaktor (S) sebesar 0,25
- Reaktor (A) sebesar 0,20

Grafik rasio BOD/COD menunjukkan angka yang cenderung turun. Turunnya rasio BOD/COD menunjukkan bahwa penyisihan BOD lebih besar daripada penyisihan COD. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan lebih dapat menyisihkan senyawa organik biodegradable dibandingkan dengan senyawa non-biodegradable

#### 4.5.7 Uji Statistik

Pada Penelitian ini digunakan uji statistik Uji Anova Two-Way. Bertujuan untuk mengetahui signifikansi dari masing-masing variabel. Hasil Uji statistic Anova Two-Way menunjukkan variabel manakah yang paling berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan parameter. uji statistik Anova menunjukkan pengaruh variabel jenis tumbuhan dan hari pengujian terhadap efisiensi penyisihan pencemar. Pengaruh signifikan dalam uji Anova ditunjukkan dengan P-value yang lebih kecil dari 0,05 ( $P\text{-value} < 0,05$ ). Nilai  $P\text{-value} < 0,05$  menunjukkan bahwa variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS, sebaliknya jika nilai  $P\text{-value} > 0,05$  maka variabel tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penyisihan pencemar tersebut. *Rows* merupakan jenis tumbuhan uji yang digunakan dan *Columns* merupakan hari pengujian.

**Tabel 4. 12 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan BOD pada limbah cair RPH Sapi**

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
ES	3	1,819195	0,606398	0,2766
KS	3	1,831889	0,61063	0,279877
S	3	1,70774	0,569247	0,243037
0	3	0	0	0
7	3	2,633437	0,877812	0,000622
14	3	2,725387	0,908462	0,00205

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,003111	2	0,001555	2,787414	0,174525	6,944272
Columns	1,596797	2	0,798399	1430,85	1,95E-06	6,944272
Error	0,002232	4	0,000558			
Total	1,60214	8				

Hasil uji anova pada parameter BOD limbah rumah potong hewan sapi menunjukkan nilai  $P\text{-value} > 0,05$  pada jenis tumbuhan yang berarti jenis tumbuhan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter BOD. Dan nilai  $P\text{-value} < 0,05$  pada hari pengujian yang berarti hari pengujian memberikan pengaruh signifikan.

**Tabel 4. 13 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan BOD pada limbah cair RPH Ayam**



<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
EA	3	1,655827	0,551942	0,234657
KA	3	1,617886	0,539295	0,224095
A	3	1,514905	0,504968	0,194331
0	3	0	0	0
7	3	2,182927	0,727642	0,000575
14	3	2,605691	0,868564	0,002418

#### ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,003545	2	0,001772	2,904714	0,166277	6,944272
Columns	1,303725	2	0,651863	1068,304	3,49E-06	6,944272
Error	0,002441	4	0,00061			
Total	1,309711	8				

Hasil uji anova pada parameter BOD limbah rumah potong hewan ayam menunjukkan nilai  $P\text{-value} > 0,05$  pada jenis tumbuhan yang berarti jenis tumbuhan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter BOD. Dan nilai  $P\text{-value} < 0,05$  pada hari pengujian yang berarti hari pengujian memberikan pengaruh signifikan.

**Tabel 4. 14 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan COD pada limbah cair RPH Sapi**

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
ES	3	1,5625	0,520833	0,204427
KS	3	1,28125	0,427083	0,142904
S	3	1,28125	0,427083	0,137044
0	3	0	0	0
7	3	1,9375	0,645833	0,009115
14	3	2,1875	0,729167	0,006185

#### ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,017578	2	0,008789	2,7	0,181077	6,944272
Columns	0,955729	2	0,477865	146,8	0,000181	6,944272
Error	0,013021	4	0,003255			
Total	0,986328	8				

Hasil uji anova pada parameter COD limbah rumah potong hewan sapi menunjukkan nilai  $P\text{-value} > 0,05$  pada jenis tumbuhan yang berarti jenis tumbuhan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter COD. Dan nilai  $P\text{-value} < 0,05$  pada hari pengujian yang berarti hari pengujian memberikan pengaruh signifikan.

**Tabel 4. 15 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan COD pada limbah cair RPH Ayam**

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
EA	3	1,625	0,541667	0,223958
KA	3	1,75	0,583333	0,256944
A	3	0,916667	0,305556	0,071759
0	3	0	0	0
7	3	2	0,666667	0,048611
14	3	2,291667	0,763889	0,052662

<b>ANOVA</b>						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,134645	2	0,067323	3,965909	0,112385	6,944272
Columns	1,037423	2	0,518711	30,55682	0,003774	6,944272
Error	0,067901	4	0,016975			
Total	1,239969	8				

Hasil uji anova pada parameter COD limbah rumah potong hewan ayam menunjukkan nilai  $P\text{-value} > 0,05$  pada jenis tumbuhan yang berarti jenis tumbuhan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter COD. Dan nilai  $P\text{-value} < 0,05$  pada hari pengujian yang berarti hari pengujian memberikan pengaruh signifikan.

**Tabel 4. 16 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan TSS pada limbah cair RPH Sapi**

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
ES	3	0,639053	0,213018	0,04191
KS	3	0,720414	0,240138	0,044905
S	3	0,313609	0,104536	0,010165
0	3	0	0	0
7	3	0,662722	0,220907	0,010796
14	3	1,010355	0,336785	0,013805

<b>ANOVA</b>						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,030891	2	0,015446	3,374502	0,138479	6,944272
Columns	0,175652	2	0,087826	19,18773	0,00891	6,944272
Error	0,018309	4	0,004577			
Total	0,224852	8				

Hasil uji anova pada parameter TSS limbah rumah potong hewan sapi menunjukkan nilai  $P\text{-value} > 0,05$  pada jenis tumbuhan yang berarti jenis tumbuhan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter TSS. Dan nilai  $P\text{-value} > 0,05$  pada hari pengujian yang berarti hari pengujian tidak memberikan pengaruh signifikan.

**Tabel 4. 17 Hasil Uji Anova untuk Efisiensi Penyisihan TSS pada limbah cair RPH Ayam**

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
EA	3	0,980496	0,326832	0,087207
KA	3	1,184397	0,394799	0,124759
A	3	0,457447	0,152482	0,026948
0	3	0	0	0
7	3	1,04078	0,346927	0,037279
14	3	1,58156	0,527187	0,033114

**ANOVA**

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,093735	2	0,046867	3,98441	0,111691	6,944272
Columns	0,430778	2	0,215389	18,31118	0,009696	6,944272
Error	0,047051	4	0,011763			
Total	0,571563	8				

Hasil uji anova pada parameter TSS limbah rumah potong hewan ayam menunjukkan nilai P-value > 0,05 pada jenis tumbuhan yang berarti jenis tumbuhan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan parameter TSS. Dan nilai P-value > 0,05 pada hari pengujian yang berarti hari pengujian tidak memberikan pengaruh signifikan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian yaitu :

1. Tumbuhan uji pada tahap propagasi mengalami pertumbuhan. Laju pertumbuhan eceng gondok pada pengukuran lebar daun pada hari ke-1 sebesar 6 cm sampai pengamatan hari ke-30 sebesar 6,4 cm. Jumlah daun eceng gondok pada pengamatan pada hari ke-1 sebanyak 4 helai sampai pengamatan hari ke-30 sebanyak 8 helai. Laju pertumbuhan kayu apu pada pengukuran lebar daun pada hari ke-1 sebesar 4 cm sampai pengamatan hari ke-30 sebesar 5,7 cm. Jumlah daun kayu apu pada pengamatan hari ke-1 sebanyak 5 helai sampai pengamatan pada hari ke-30 sebanyak 11 helai.
2. Nilai *Range Finding Test* dari hasil pengamatan yang dilakukan selama 7 hari, dapat diketahui pada limbah RPH sapi eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah sebesar 10% yang berarti konsentrasi COD sebesar 256 mg/L, BOD sebesar 161,5 mg/L, dan TSS sebesar 67,6 mg/L. Sementara kayu apu dapat hidup pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 512 mg/L, BOD sebesar 323 mg/L, dan TSS sebesar 135,2 mg/L. Sedangkan pada limbah RPH ayam eceng gondok dapat hidup pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 192 mg/L, BOD sebesar 73,8 mg/L, dan TSS sebesar 112,8 mg/L. dan kayu apu pada konsentrasi limbah 20% yang berarti konsentrasi COD sebesar 192 mg/L, BOD sebesar 73,8 mg/L, dan TSS sebesar 112,8 mg/L.
3. Kemampuan tumbuhan eceng gondok dan kayu apu dalam menurunkan parameter BOD, COD, dan TSS pada limbah cair rumah potong hewan sapi dan rumah potong hewan ayam adalah sebagai berikut :

- Limbah cair RPH sapi

Eceng Gondok  
BOD = 94% setara 151,5 mg/L  
COD = 81% setara 206 mg/L  
TSS = 41% setara 27,6 mg/L

Kayu Apu  
BOD = 93% setara 300,7 mg/L  
COD = 72% setara 368 mg/L  
TSS = 40% setara 54,2 mg/L

- Limbah cair RPH ayam

Eceng Gondok  
BOD = 91% setara 66,9 mg/L  
COD = 88% setara 168 mg/L  
TSS = 57% setara 64,8 mg/L

Kayu Apu  
BOD = 89% setara 65,4 mg/L  
COD = 92% setara 176 mg/L  
TSS = 68% setara 76,8 mg/L

Pada limbah cair RPH sapi penyisihan BOD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 300,7 mg/L, penyisihan COD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 368 mg/L, dan penyisihan TSS paling efektif pada kayu apu yaitu sebesar 54,2 mg/L. Pada limbah cair RPH ayam penyisihan BOD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 65,4 mg/L, penyisihan COD paling efektif pada tumbuhan kayu apu yaitu sebesar 176 mg/L, dan penyisihan TSS paling efektif pada kayu apu yaitu sebesar 76,8 mg/L.

## **5.2 Saran**

Untuk hasil penelitian yang lebih baik, maka saran untuk penelitian kedepan adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan analisis pengujian mikrobiologis, sebagai pembandingan efektifitas dengan tumbuhan
2. Penelitian selanjutnya dilakukan kombinasi antara kedua tumbuhan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan campuran dalam mendegradasi limbah cair rumah potong hewan
3. Untuk penelitian selanjutnya menggunakan jenis tumbuhan lain yang dapat mendegradasi limbah cair rumah potong hewan

## Daftar Pustaka

- Aini, A., Sriasih, M., & Kisworo, D. (2017). Studi Pendahuluan Cemaran Air Limbah Rumah Potong Hewan di Kota Mataram. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 42. <https://doi.org/10.14710/jil.15.1.42-48>
- Alfarokhi, A. I. (2016). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Tumbuhan Fitoremediasi Dalam Proses Pengolahan Limbah Tambak Udang Vannamei. *Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia*.
- Benka-Coker, M., & Ojior, O. (1995). Effect of slaughterhouse wastes on the water quality of Ikpoba River, Nigeria. *Bioresource Technology*, 52(1), 5–12. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)00139-r](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)00139-r)
- Damanik, M. O., & Purwanti, I. F. (2018). Range Finding Test (RFT) *Cyperus rotundus* L dan *Scirpus grossus* sebagai Penelitian Pendahuluan dalam Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28708>
- Dipu, S., Kumar, A. A., & Thanga, V. S. G. (2011). Phytoremediation of dairy effluent by constructed wetland technology. *The Environmentalist*, 31(3), 263–278. <https://doi.org/10.1007/s10669-011-9331-z>
- Fachrurazi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2014). PENGARUH VARIASI BIOMASSA *Pistia stratiotes* L. TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD, COD, DAN TSS LIMBAH CAIR TAHU DI DUSUN KLERO SLEMAN YOGYAKARTA. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)*, 4(1). <https://doi.org/10.12928/kesmas.v4i1.1100>
- Fernando, M. R. (2015). Penggunaan Air Limbah Industri. ResearchGate.
- Herrena, A., & Sulistiyani, Titah, H. (2017). Fito Pengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air *Eichhornia crassipes*. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25075>
- Istighfari, S., Dermawan, D., & Mayangsari, N. E. (2018). Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat pada Air Limbah Laundry. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*.
- Kundu, P., Debsarkar, A., & Mukherjee, S. (2013). Treatment of Slaughter House Wastewater in a Sequencing Batch Reactor: Performance Evaluation and Biodegradation Kinetics. *BioMed Research International*, 2013, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2013/134872>
- Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Stensel, H., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw Hill.
- Nafiat, N., & Titah, H. S. (2021). Pengolahan Air Limbah dari Kegiatan Pemeliharaan dan Pencucian Lokomotif dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *JURNAL TEKNIK ITS*, 10(2).
- Ningrum, Y. D., Ghofar, A., & Haeruddin, H. (2020). Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu Effectiveness of Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) as Phytoremediator for Tofu Production Liquid Waste. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 9(2), 97–106. <https://doi.org/10.14710/marj.v9i2.27765>
- Nurfadilah, Awaliya, N. A., & Nurinsa. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (Detergent) Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal PENA*.
- Oktaviani, L., Nilandita, W., & Suprayogi, D. (2020). Fitoremediasi Tanaman Apu-Apu (*Pistia Stratiotes*) terhadap Kadar Logam Zn Berdasarkan Variasi Jumlah Tanaman. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 44–52. <https://doi.org/10.29080/alard.v6i1.981>

- Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Raissa, D. G., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25092>
- Ratnani, R. D., Hartati, I., & Kurniasari, L. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crasaipes*) Untuk Menurunkan Kandungan COD(Chemical Oxygen Demand), pH, Bau, dan Warna Pada Limbah Cair Tahu. *Momentum*, 7(1).
- Rismawati, D., Thohari, I., & Rochmalia, F. (2020). Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 11(2), 186. <https://doi.org/10.33846/sf11219>
- Samudro, G., & Mangkoedihardjo, S. (2010). Review on bod, cod and bod/cod ratio: a triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels. *International journal of academic research*, 2.
- Sari, S. V., Narwati, & Hermiyanti, P. (2020). Pengaplikasian Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium Di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesional*, 8(1), 26–39. <https://doi.org/10.33650/jkp.v8i1.1019>
- Sitinjak, W., & Tanjung, J. A. (2020). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Daging Sapi Di Kota Pematangsiantar. *Jurnal Agrilink*, 2(2), 86–94. <https://doi.org/10.36985/agrilink.v9i2.432>
- Steven (2013). PENGARUH PERBEDAAN SUBSTRAT TERHADAP PERTUMBUHAN SEMAIAN DARI BIJI LAMUN *Enhalus acoroides*. SKRIPSI JURUSAN ILMU KELAUTAN FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR.
- Tangahu, B. V., & Putri, A. P. (2017). THE DEGRADATION OF BOD AND COD OF BATIK INDUSTRY WASTEWATER USING *EGERIA Densa* AND *SALVINIA MOLESTA*. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 82–91. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art2>
- The Interstate Technology & Regulatory Council Phytotechnologies Team. (2009). *Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance and Decision Trees, Revised*. Interstate Technology & Regulatory Council.
- United States Environmental Protection Agency. (2001). *Brownfields Technology Primer: Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup*. United States Environmental Protection Agency.
- U.S.EPA. (2000). *introduction to phytoremediation*. U.S.EPA.
- U.S.EPA. (2000). *Phytoremediation: State of the Science Conference* U.S. Environmental Protection Agency. U.S.EPA.
- Vidyawati, D. S., & Fitrihidajati, H. (2019). Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) melalui Pengenceran terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *LenteraBio*.

**Lampiran A**  
**Prosedur Analisis Laboratorium**

**A. Pembuatan Larutan Digestion COD 0,21 N**

1. Timbang 5,108 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan 16,65 g HgSO<sub>4</sub>, kemudian larutkan dengan aquadest di dalam beaker glass 50 mL yang berbeda.
2. Masukkan kedua larutan ke dalam labu ukur 500 mL dan bilas beaker glass dengan aquadest hingga tidak ada yang tertinggal.
3. Tambahkan 83,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan aquadest hingga mencapai batas kemudian kocok dan diamkan hingga suhunya menurun.

**B. Pembuatan Larutan FAS 0,05 N**

1. Timbang 19,6 g FAS kemudian larutkan dengan aquadest di dalam beaker glass 50 mL.
2. Masukkan larutan FAS ke dalam labu ukur 500 mL dan bilas beaker glass dengan aquadest hingga tidak ada yang tertinggal.
3. Tambahkan 4 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan aquadest hingga mencapai batas kemudian kocok dan diamkan hingga suhunya menurun.
4. Standarisasi larutan FAS dengan titrasi larutan digestion COD 0,5 mL yang telah ditambahkan 10 mL aquadest, dipanaskan dalam digester, dan diberi 1 tetes indikator ferroin. Catat volume FAS yang dibutuhkan.
5. Hitung normalitas FAS dengan rumus berikut:

$$N_{FAS} = \frac{V_k \times N_k}{V_{FAS}}$$

Dimana:

V<sub>k</sub> = volume digestion COD (mL)

N<sub>k</sub> = normalitas digestion COD (N)

**C. Analisis COD Menggunakan Metode Titrimetri**

1. Hitung volume sampel yang diperlukan untuk pengenceran dengan rumus berikut:  
 $P = 100V_s$
2. Tuangkan 1 mL sampel, 1 mL larutan digestion COD, dan 2,5 mL AgSO<sub>4</sub> ke dalam tabung vial.
3. Panaskan tabung vial ke dalam digester COD selama 2 jam dengan suhu 150° dan diamkan agar suhunya menurun.
4. Tuangkan larutan di tabung vial ke dalam labu erlenmeyer 100 mL dan bilas tabung vial sekali dengan aquades agar tidak ada larutan yang tertinggal.
5. Tambahkan 1 tetes indikator ferroin dan larutan akan berubah menjadi warna hijau lumut.
6. Titrasi dengan FAS 0,05 N hingga larutan berubah menjadi warna merah bata dan catat volume FAS yang dibutuhkan.
7. Hitung COD dengan rumus berikut:

$$COD \text{ (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(V_a - V_b) \times N \times 8000 \times P}{V}$$

Dimana:

V<sub>a</sub> = volume FAS titrasi blanko



V<sub>b</sub> = volume FAS titrasi sampel  
N = normalitas larutan FAS  
P = pengenceran  
V = volume sampel yang dititrasi

#### D. Pembuatan Air Pengencer BOD

1. Untuk 1 L aquadest ditambahkan 1 mL CaCl<sub>2</sub>, 1 mL FeCl<sub>3</sub>, 1 mL MgSO<sub>4</sub>, dan 1 mL larutan buffer BOD.
2. Larutan kemudian diaerasi selama minimal 30 menit.

#### E. Pembuatan Larutan Pereaksi Oksigen

1. Timbang 40 g NaOH, 15 g KI, dan 2 g NaN<sub>3</sub>, kemudian larutkan dengan aquadest di dalam beaker glass 50 mL yang berbeda.
2. Masukkan ketiga larutan ke dalam labu ukur 100 mL dan bilas beaker glass dengan aquadest hingga tidak ada yang tertinggal.
3. Tambahkan aquadest hingga mencapai batas kemudian kocok dan diamkan hingga suhunya menurun.

#### F. Prosedur Analisis Nilai Permanganat

1. Tuangkan air sampel sebanyak 100 ml dengan gelas ukur
2. Tambahkan 2,5 ml asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 4 N bebas organik
3. Tambahkan beberapa tetes larutan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) 0,01 N hingga terjadi warna merah muda
4. Panaskan hingga mendidih selama 1 menit
5. Tambahkan 10 ml larutan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) 0,01 N
6. Panaskan hingga mendidih selama 10 menit
7. Tambahkan 1 ml larutan asam oksalat 0,1 N dan tunggu sampai air menjadi jernih
8. Titrasi dengan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) 0,01 N sampai timbul warna merah muda
9. Hitung Nilai Permanganat dengan menggunakan rumus:

$$KMnO_4(/l) = \frac{1000}{vol\ contoh} [(10 + a) \times N] - (1 \times 0,1) \times 31,6 \times P$$

Dimana:

a = ml titrasi larutan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>)

N= normalitas larutan kalium permanganat (0,01 N)

P= pengenceran

#### G. Analisis BOD Menggunakan Metode Winkler

1. Hitung volume sampel yang diperlukan untuk pengenceran dengan rumus berikut:

$$P = \frac{\text{Angka } KMnO_4}{3 \text{ atau } 5}$$

2. Tuangkan ke dalam labu ukur 500 mL dan tambahkan air pengencer BOD hingga mencapai garis batas dan dikocok.
3. Larutan dituangkan ke dalam botol Winkler 200 mL dan 300 mL hingga penuh.
4. Botol Winkler ditutup dengan hati-hati dan pastikan tidak ada udara yang terperangkap.
5. Botol Winkler 300 mL dimasukkan ke dalam inkubator selama 5 hari.
6. Tambahkan 1 mL MnSO<sub>4</sub> dan 1 mL larutan pereaksi oksigen pada botol Winkler kemudian ditutup dengan rapat agar tidak ada gelembung udara.
7. Kocok dan diamkan selama 5-10 menit hingga muncul endapan.
8. Tambahkan 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat pada botol Winkler dan ditutup dengan rapat agar tidak ada gelembung udara.
9. Kocok hingga warna berubah menjadi kuning pekat dan endapan hilang.
10. Tuang 25 mL sampel ke dalam labu erlenmeyer 100 mL.
11. Titrasi dengan sodium thiosulfate 0,025 N hingga warna berubah menjadi kuning pucat.
12. Tambahkan 2 tetes indikator amilum dan larutan akan berubah menjadi warna biru kehitaman.
13. Titrasi dengan sodium thiosulfate 0,025 N lagi hingga warna berubah menjadi tidak berwarna dan catat total volume sodium thiosulfate yang dibutuhkan.
14. Hitung BOD dengan rumus berikut:

$$\text{Oksigen Terlarut } \left( \frac{mg}{lO_2} \right) = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

Dimana:

- a = volume titrasi larutan natrium tiosulfat  
 N = normalitas larutan natrium tiosulfat (0,0125 N)

$$BOD \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{ml sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 ml)}}$$

Dimana:

- X<sub>0</sub> = oksigen terlarut sampel pada t = 0  
 X<sub>5</sub> = oksigen terlarut sampel pada t = 5  
 B<sub>0</sub> = oksigen terlarut blanko pada t = 0  
 B<sub>5</sub> = oksigen terlarut blanko pada t = 5  
 P = derajat pengenceran

## H. Prosedur Analisis TSS (Gravimetri)

A) Peralatan:

1. Desikator
2. Oven dengan suhu 103°C - 105°C

3. Timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg
4. Pipet volumetrik atau gelas ukur
5. Cawan petri
6. Sistem vakum
7. Pinset

B) Bahan:

1. Sampel air
2. Kertas saring dengan ukuran porositas 0,7 – 1,5  $\mu\text{m}$
3. Aquades

C) Prosedur Kerja:

1. Lakukan penyaringan dengan peralatan penyaring. Basahi kertas saring dengan sedikit aquades
2. Aduk sampel hingga homogen, kemudian ambil secara kuantitatif dengan volume tertentu dan masukkan ke dalam media penyaring. Nyalakan sistem vakum. Jika proses penyaringan membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, maka kurangi volume contoh uji. Volume contoh uji yang diambil harus menghasilkan berat residu kering antara 2,5 mg sampai 200 mg.
3. Bilas kertas saring 3 kali dengan masing-masing 10 ml air bebas mineral, lanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
4. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring ke media penimbang (cawan petri). Jika menggunakan cawan Gooch, pindahkan cawan dari rangkaian alatnya. Gunakan penjepit (pinset) untuk memindahkan media penyaring dari peralatan.
5. Keringkan media penimbang atau cawan Gooch yang berisi kertas saring dalam oven minimal selama 1 jam pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 105 °C, dinginkan dalam desikator, dan timbang. Selama pengerjaan pengeringan, oven tidak boleh dibuka tutup.
6. Ulangi langkah (5) sampai diperoleh berat (W) tetap.
7. Hitung TSS sampel dengan rumus berikut:

$$TSS \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{(W1 - W0)}{V}$$

Dimana:

W0 = berat awal (mg)

W1 = berat akhir (mg)

V = volume sampel (L)

**I. Prosedur Analisis Suhu**

A) Peralatan: Thermometer

B) Prosedur Kerja Analisis:

1. Masukkan Thermometer ke bagian tengah reaktor *Fitotreatment*.
2. Diamkan beberapa saat hingga alat menunjukkan suhu yang stabil.
3. Catat suhu yang ditunjukkan oleh Thermometer.

**J. Prosedur Analisis Derajat Keasaman (pH)**

A) Peralatan: pH meter

B) Prosedur Kerja Analisis:

1. Masukkan pH meter ke bagian tengah reaktor *Fitotreatment*.
2. Diamkan beberapa saat hingga alat menunjukkan pH yang stabil.
3. Catat nilai pH yang ditunjukkan oleh pH meter.

**Lampiran B**  
**DATA HASIL ANALISIS**

**Tabel LB. 1 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok pada tahap propagasi**

Hari	Lebar Daun (cm)	JUMLAH DAUN
1	6	4
2	6	4
3	6	5
4	6	5
5	6	5
6	6,1	6
7	6,1	6
8	6,1	6
9	6,1	6
10	6,1	6
11	6,1	6
12	6,1	6
13	6,1	6
14	6,1	6
15	6,1	6
16	6,2	7
17	6,2	7
18	6,2	7
19	6,3	8
20	6,3	8
21	6,3	8
22	6,3	8
23	6,4	8
24	6,4	8
25	6,4	8
26	6,4	8
27	6,4	8
28	6,4	8
29	6,4	8
30	6,4	8

**Tabel LB. 2 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun Kayu Apu pada tahap propagasi**

Hari	LEBAR DAUN (cm)	JUMLAH DAUN
1	3,9	5
2	4	5
3	4,2	5
4	4,2	6
5	4,2	6
6	4,2	6
7	4,4	6
8	4,5	5
9	4,5	5
10	4,5	5
11	4,5	6
12	4,5	6
13	4,5	6
14	4,5	6
15	4,5	8
16	4,9	8
17	4,9	8
18	5	8
19	5,2	10
20	5,2	10
21	5,5	10
22	5,5	10
23	5,5	11
24	5,6	11
25	5,6	11
26	5,7	11
27	5,7	11
28	5,7	11
29	5,7	11
30	5,7	11

**Tabel LB. 3 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok reaktor ES pada uji utama**

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
1	5,7	4
2	5,7	4
3	5,7	4
4	5,8	4
5	5,8	4
6	5,8	4
7	5,8	4
8	5,8	5
9	5,8	5
10	5,8	5
11	5,9	5
12	5,9	5
13	5,9	5
14	5,9	5

**Tabel LB. 4 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun kayu apu reaktor KS pada uji utama**

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
1	4,4	8
2	4,4	8
3	4,4	8
4	4,5	8
5	4,5	8
6	4,5	8
7	4,5	8
8	4,5	8
9	4,6	8
10	4,6	8
11	4,6	8
12	4,6	9
13	4,6	9
14	4,7	9

**Tabel LB. 5 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok reaktor EA pada uji utama**

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
1	5,2	4
2	5,2	4
3	5,2	4
4	5,3	5
5	5,3	5
6	5,4	5
7	5,4	5
8	5,5	5
9	5,5	5
10	5,5	5
11	5,5	5
12	5,5	5
13	5,5	5
14	5,5	5

**Tabel LB. 6 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun kayu apu reaktor KA pada uji utama**

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
1	4	8
2	4	8
3	4	8
4	4,1	8
5	4,1	8
6	4,2	8
7	4,2	8
8	4,3	9
9	4,3	9
10	4,3	9
11	4,3	10
12	4,3	10
13	4,3	10
14	4,4	10



**Tabel LB. 7 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun eceng gondok reaktor E pada uji utama**

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
1	5,1	4
2	5,2	4
3	5,2	4
4	5,2	5
5	5,2	5
6	5,2	5
7	5,2	5
8	5,3	5
9	5,3	5
10	5,3	6
11	5,4	6
12	5,4	6
13	5,4	6
14	5,4	6

**Tabel LB. 8 Hasil pengukuran lebar daun dan jumlah daun kayu apu reaktor K pada uji utama**

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
1	4,2	8
2	4,3	8
3	4,4	8
4	4,4	8
5	4,4	9
6	4,4	9
7	4,4	9
8	4,5	9
9	4,5	9
10	4,5	9
11	4,6	9
12	4,6	10

Hari	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun
13	4,7	10
14	4,7	10

**Tabel LB. 9 Hasil pengukuran pH pada uji utama**

Hari ke	Reaktor							
	ES	KS	EA	KA	E	K	S	A
1	7,58	7,62	7,52	7,5	7,1	7,14	7,55	7,52
2	7,66	7,64	7,68	7,69	7,12	7,11	7,58	7,63
3	7,72	7,73	7,65	7,65	7,1	7,14	7,6	7,6
4	7,62	7,87	7,74	7,68	7,15	7,14	7,65	7,69
5	7,7	7,89	7,82	7,75	7,14	7,16	7,68	7,72
6	7,86	7,76	7,85	7,65	7,12	7,12	7,68	7,72
7	7,87	7,72	7,84	7,62	7,12	7,12	7,75	7,78
8	7,87	7,7	7,79	7,62	7,16	7,13	7,72	7,74
9	7,93	7,74	7,74	7,74	7,1	7,15	7,77	7,7
10	7,9	7,72	7,7	7,77	7,13	7,15	7,77	7,78
11	7,86	7,75	7,82	7,65	7,13	7,11	7,83	7,81
12	7,87	7,67	7,8	7,75	7,15	7,11	7,79	7,79
13	7,82	7,73	7,85	7,7	7,15	7,1	7,72	7,7
14	7,76	7,74	7,86	7,74	7,1	7,1	7,7	7,74

**Tabel LB. 10 Hasil pengukuran pH pada uji utama**

Hari ke	Reaktor							
	ES	KS	EA	KA	E	K	S	A
1	27	27	27	27	27	27	27	27
2	27	28	28	28	27	28	28	28
3	28	28	28	28	27	28	28	28
4	28	27	28	28	28	28	28	27
5	27	27	28	28	28	28	28	27
6	28	28	27	27	28	28	28	28
7	28	28	27	28	28	28	28	28
8	27	27	28	28	28	28	27	28
9	27	27	27	27	28	28	28	28
10	27	28	27	28	27	28	28	27

Hari ke	Reaktor							
	ES	KS	EA	KA	E	K	S	A
11	27	27	28	28	27	27	27	28
12	28	28	28	27	28	28	28	28
13	28	28	28	28	28	28	28	28
14	28	28	28	28	28	28	28	28

## BIOGRAFI PENULIS



Nugraha Yudi Ananta dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 4 Mei 2000. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kartini II, SDN Ketabang Kawasan, SMPN 6 Surabaya dan SMAN 6 Surabaya. Pada Tahun 2018, penulis melanjutkan kuliah di Teknik Lingkungan FTSPK Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis pernah aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) pada tahun 2020-2021 sebagai staff divisi dalam negeri dan pada 2021-2022 sebagai asisten bidang harmonisasi masa divisi dalam negeri. Penulis mengikuti kegiatan sebagai staff divisi konsumsi Gerigi ITS pada tahun 2019. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan sebagai pantia Environation pada tahun 2019 dan 2020. Pada Tahun 2021, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT PLN UID JATIM di Departemen K3 dan Lingkungan. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik maka bisa menghubungi penulis melalui email [nugrahaananta128@gmail.com](mailto:nugrahaananta128@gmail.com)