

**EFEKTIVITAS TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*) DAN  
LEMNA MINOR TERHADAP PROSES FITOREMEDIASI AIR LIMBAH  
BUDIDAYA IKAN LELE (*Clarias sp.*)**



**ANDI FITRIANI AFRIANTI KASIM  
D131201055**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**EFEKTIVITAS TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*) DAN  
LEMNA MINOR TERHADAP PROSES FITOREMEDIASI AIR LIMBAH  
BUDIDAYA IKAN LELE (*Clarias sp.*)**

**ANDI FITRIANI AFRIANTI KASIM  
D131201055**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**EFEKTIVITAS TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*) DAN  
LEMNA MINOR TERHADAP PROSES FITOREMEDIASI AIR LIMBAH  
BUDIDAYA IKAN LELE (*Clarias sp.*)**

ANDI FITRIANI AFRIANTI KASIM

D131201055

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**SKRIPSI**  
**EFEKTIVITAS TANAMAN KANGKUNG AIR (IPOMOEA AQUATIC) DAN  
LEMNA MINOR TERHADAP PROSES FITOREMEDIASI AIR LIMBAH  
BUDIDAYA IKAN LELE (CLARIAS SP.)**

**ANDI FITRIANI AFRIANTI KASIM**  
**D131201055**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 29 Oktober 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
pada



Mengesahkan:

Mengetahui:

Pembimbing tugas akhir,



Ir. Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.  
NIP. 199201142021074001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.  
NIP. 197204242000122001

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "**EFEKTIVITAS TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*) DAN LEMNA MINOR TERHADAP PROSES FITOREMEDIASI AIR LIMBAH BUDIDAYA IKAN LELE (*Clarias sp.*)**" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ir. Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Oktober 2024



Andi Fitriani Afrianti Kasim  
NIM D131201055

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan dan menyusun tugas akhir dengan judul “Efektivitas Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) Dan *Lemna Minor* Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias Sp.*)”. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, yang telah mengantarkan umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang terang benderang.

Penelitian yang penulis lakukan dapat terlaksana dengan sukses serta dapat terampungkan dalam bentuk tugas akhir ini atas bimbingan, diskusi, dan bantuan serta arahan dari Ibu Ir. Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen serta karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama bangku perkuliahan.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Andi Kasim Musa, S.E. dan Mama Andi Herlinasti, yang senantiasa memberikan dukungan, baik secara finansial dan moral, mendidik dan menyayangi, serta tiada henti mendoakan dan yang senantiasa menjadi sumber semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada beliau. Terima kasih juga untuk saudara penulis Andi Kasniati Kasim, S.Kom. dan Andi lit Trianita Kasim, yang selalu memberi semangat dan membuka ruang untuk mendengarkan keluh kesah penulis.

Teruntuk sahabat penulis Githa dan Ds yang memberikan dukungan tiada henti dari SMA hingga sekarang, Mifta yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan dari awal hingga pengerjaan data. Lula, seseorang yang membersamai dari maba hingga akhir ini dan terus memberikan dukungan positif. Agis, Nurul, Rifdan, Muflih, Pute, Ikka, Rani, yang turut membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini. Dinda, Aqil, Yani, Wara, Nisa, Yo, Nade, Naya yang selalu memberikan canda tawa dan dukungan tak terhingga, dan Asisten 2020 Fisika dasar aka COLOMBUS yang selalu merangkul dan bertukar tawa selama praktikum hingga saat ini serta teman Lingkungan 2020 yang telah membersamai masa perkuliahan sejak mahasiswa baru hingga saat ini. Dan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian. Terakhir, untuk diriku anjeli. Terimakasih sudah bertahan, berjuang dan tidak menyerah sesulit apapun proses yang dilalui. Semua usaha dan kerja kerasmu terbayar oleh dirimu sendiri. Kamu hebat, dan ini adalah pencapaian yang patut kamu banggakan. Selamat, dan teruslah melangkah.

Penulis,

Andi Fitriani Afrianti Kasim

## ABSTRAK

ANDI FITRIANI AFRIANTI KASIM. **Efektivitas Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) Dan Lemna Minor Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias Sp.*)** (dibimbing oleh Nur An-nisa Putry Mangarengi).

**Latar Belakang.** Pembudidaya ikan lele secara intensif menghasilkan banyak limbah organik. Sisa pakan dan feses ikan lele yang tidak dikonsumsi merupakan sumber limbah bahan organik. Kandungan bahan organik yang masih tinggi dari limbah budidaya ikan lele apabila dibuang secara langsung ke perairan umum akan mengakibatkan pencemaran. Salah satu upaya pengolahan limbah cair yang dapat digunakan adalah metode fitoremediasi. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efektivitas metode fitoremediasi oleh tanaman kangkung air dan lemna minor dalam menurunkan pencemar air limbah budidaya ikan lele. **Metode.** Pengolahan dilakukan dengan sistem *batch*, variabel bebas penelitian ini adalah jenis tanaman dan variasi waktu tinggal. Variabel terikat penelitian ini yaitu parameter TSS, BOD, COD, fosfat, pH dan amonia pada air limbah budidaya ikan lele. **Hasil.** Karakteristik air limbah budidaya ikan lele mempunyai nilai BOD 101,7 mg/l, COD 488,8 mg/l, TSS 300 mg/l, Amonia 1,44 mg/l, Fosfat 0,70 mg/l, dan pH 7,4. Efektivitas penurunan kontaminan untuk variasi jenis tanaman serta waktu tinggal dapat menurunkan kontaminan hingga di bawah baku mutu. Tanaman kombinasi kangkung air dan lemna minor dengan waktu tinggal hari ke- 10 (KLD3) mencapai efisiensi tertinggi dalam penurunan pada parameter BOD (96,15%), COD (83,63%), TSS (96,67%), dan Fosfat (91,87%). Sedangkan efisiensi terbaik dalam menurunkan kontaminan Amonia yaitu penggunaan tanaman Lemna Minor dengan waktu tinggal hari ke- 10 (LD3) dengan tingkat efisiensi penurunannya sebesar 98,45%. **Kesimpulan.** Proses fitoremediasi dengan variasi jenis tanaman dan waktu tinggal yang digunakan dapat menurunkan parameter BOD, COD, TSS, Amonia dan Fosfat dalam air limbah budidaya ikan lele

Kata Kunci: Kangkung air; Lemna minor; Fitoremediasi; Budidaya lele

## ABSTRACT

ANDI FITRIANI AFRIANTI KASIM. **Effectiveness of Water Spinach Plants (*Ipomoea Aquatica*) and Lemna Minor on the Phytoremediation Process of Catfish (*Clarias Sp.*) Cultivation Wastewater** (Supervised Nur An-nisa Putry Mangarengi).

**Background.** Intensive catfish farming produces a lot of organic waste. Leftover feed and unconsumed catfish feces are sources of organic waste. The high organic content of catfish farming waste if disposed of directly into public waters will cause pollution. One of the efforts to treat liquid waste that can be used is the phytoremediation method. **Aim.** This study aims to analyze the effectiveness of the phytoremediation method by water spinach and lemna minor plants in reducing catfish farming wastewater pollutants. **Method.** The processing was carried out using a batch system, the independent variables of this study were the types of plants and variations in residence time. The dependent variables of this study were the parameters of TSS, BOD, COD, phosphate, pH and ammonia in catfish farming wastewater. **Results.** The characteristics of catfish farming wastewater have a BOD value of 101.7 mg/l, COD 488.8 mg/l, TSS 300 mg/l, Ammonia 1.44 mg/l, Phosphate 0.70 mg/l, and pH 7.4. The effectiveness of reducing contaminants for variations in plant types and residence time can reduce contaminants below the quality standard. The combination of water spinach and lemna minor plants with a residence time of 10 days (KLD3) achieved the highest efficiency in reducing BOD (96.15%), COD (83.63%), TSS (96.67%), and Phosphate (91.87%). While the best efficiency in reducing Ammonia contaminants is the use of Lemna Minor plants with a residence time of 10 days (LD3) with a reduction efficiency level of 98.45%. **Conclusion.** The phytoremediation process with variations in plant types and residence time used can reduce BOD, COD, TSS, Ammonia and Phosphate parameters in catfish farming wastewater.

Keywords: Water spinach; Lemna minor; Phytoremediation; Catfish cultivation

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	.iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	3
1.6 Teori .....	4
BAB II METODE PENELITIAN.....	22
2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	22
2.2 Variabel Penelitian.....	22
2.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	23
2.4 Populasi dan Sampel .....	25
2.5 Pelaksanaan Penelitian.....	25
2.6 Teknik Pengumpulan Data .....	33
2.7 Teknik Analisis .....	33
2.8 Diagram Alir Penelitian .....	34
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
3.1 Karakteristik Air Limbah Budidaya Ikan Lele .....	35
3.2 Efektivitas Penurunan Metode Fitoremediasi Terhadap Air Limbah Budidaya Ikan Lele .....	36
3.3 Analisis Pengaruh Jenis Tanaman dan Waktu Tinggal .....	54
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....	60
4.1 Kesimpulan .....	60
4.2 Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN .....	66

**DAFTAR TABEL**

Nomor urut	Halaman
1. Baku Mutu Air .....	5
2. Baku Mutu Air Limbah Ikan.....	6
3. Penelitian Terdahulu.....	14
4. Matriks Penelitian .....	23
5. Alat yang digunakan dalam penelitian .....	23
6. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	24
7. Metode pengujian sampel air limbah budidaya ikan lele .....	29
8. Karakteristik air limbah budidaya ikan lele.....	35
9. Hasil Pengujian Parameter BOD .....	36
10. Hasil Pengujian Parameter COD.....	39
11. Hasil Pengujian Parameter TSS .....	42
12. Hasil Pengujian Parameter Amonia.....	45
13. Hasil Pengujian Parameter Fosfat.....	49
14. Hasil Pengujian Parameter pH .....	52
15. Hasil Uji Normalitas .....	54
16. Analisis Pengaruh Penyisihan BOD .....	54
17. Analisis Pengaruh Penyisihan COD .....	55
18. Analisis Pengaruh Penyisihan TSS .....	55
19. Analisis Pengaruh Penyisihan Amonia .....	55
20. Analisis Pengaruh Penyisihan Fosfat .....	56
21. Analisis Pengaruh Penyisihan pH.....	56
22. Hasil pengamatan .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Ikan Lele.....	4
2. Kangkung Air.....	8
3. Lemna Minor.....	9
4. Ukuran Desain Reaktor.....	26
5. Desain Reaktor Fitoremediasi.....	26
6. Persiapan Tanaman.....	27
7. Reaktor Pengolahan Air Limbah Budidaya Ikan Lele.....	27
8. Pengambilan Air Sampel.....	27
9. Tanaman Sebelum Aklimatisasi.....	28
10. Tanaman Setelah Aklimatisasi.....	28
11. Running Pengolahan Fitoremediasi.....	29
12. Pengujian BOD.....	30
13. Pengujian COD.....	30
14. Pengujian TSS.....	31
15. Pengujian Amonia.....	32
16. Pengujian Fosfat.....	32
17. Pengujian pH.....	33
18. Diagram Alir Penelitian.....	34
19. Grafik Perbandingan Penyisihan Parameter BOD.....	37
20. Grafik Perbandingan Efisiensi Parameter BOD.....	38
21. Laju Selisih Penurunan Kontaminan BOD.....	39
22. Grafik Perbandingan Penyisihan Parameter COD.....	40
23. Grafik Perbandingan Efisiensi Parameter COD.....	41
24. Laju Selisih Penurunan Kontaminan COD.....	42
25. Grafik Perbandingan Penyisihan Parameter TSS.....	43
26. Grafik Perbandingan Efisiensi Parameter TSS.....	44
27. Laju Selisih Penurunan Kontaminan TSS.....	45
28. Grafik Perbandingan Penyisihan Parameter Amonia.....	47
29. Grafik Perbandingan Efisiensi Parameter Amonia.....	47
30. Laju Selisih Penurunan Kontaminan Amonia.....	48
31. Grafik Perbandingan Penyisihan Parameter Fosfat.....	50
32. Grafik Perbandingan Efisiensi Parameter Fosfat.....	50
33. Laju Selisih Penurunan Kontaminan Fosfat.....	52
32. Grafik Perbandingan Penyisihan Parameter pH.....	53

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
1. Baku Mutu Air Sungai Kelas 3 Peruntukan Budidaya .....	67
2. Surat Hasil Pengujian Sampel.....	71
3. Hasil Perhitungan Pengujian Sampel .....	75
4. Hasil Uji Statistik.....	87
5. Dokumentasi Penelitian.....	89

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ikan lele (*Clarias sp.*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang memiliki nilai unggul di pasaran, mudah dipelihara dan dapat tumbuh dengan cepat. Potensi tersebut mendorong minat masyarakat untuk meningkatkan produksi melalui budidaya secara intensif (Anis & Hariani, 2019). Ikan lele diminati masyarakat setiap tahun semakin meningkat. Berdasarkan data produksi perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan, tahun 2020 peningkatan produksi ikan lele di Indonesia yaitu sebesar 993.768 ton, tahun 2021 sebesar 1.041.422 ton dan tahun 2022 sebesar 1.101.625 ton. Tingginya minat masyarakat terhadap ikan lele karena rasanya yang khas dan dagingnya yang lunak, sedikit tulang, tidak berduri dan murah. Ikan lele memiliki kandungan gizi protein yang tinggi yaitu 27%, selain itu terdapat vitamin A 12% sehingga sering dijadikan sebagai sumber protein yang murah dan mudah didapat oleh masyarakat (Fitria, dkk., 2022).

Air merupakan lingkungan yang tidak terpisahkan dari kehidupan budidaya ikan. Hal ini karena semua aktivitas baik dalam bereproduksi, fase pertumbuhan dan mencari makan berlangsung di dalam air. Perubahan kualitas air sebagai lingkungan organisme akuatik akan berpengaruh terhadap semua aktivitas ikan. Dengan adanya teknologi budidaya ikan yang dilakukan secara intensif, tingginya pemberian pakan yang digunakan menjadi pendorong menurunnya kualitas air karena timbunan bahan organik dari sisa pakan maupun ekskresi ikan. Pakan pelet biasanya mengandung protein yang tinggi untuk meningkatkan pertumbuhan ikan (Yulianto, 2020).

Menurut Setyowibowo (2012), pembudidaya ikan lele secara intensif menghasilkan banyak limbah organik. Jumlah pakan lele yang dimasukkan ke kolam budidaya menentukan jumlah limbah yang dihasilkan. Sisa pakan dan feses ikan lele yang tidak dikonsumsi merupakan sumber limbah bahan organik. Kadar bahan organik dalam limbah budidaya ikan berkisar antara 33,7 dan 46,8% (Moccia et al., 2007). Air limbah budidaya ikan lele akan mengalami perubahan warna dan bau. Menurut Erari et al., (2012), warna perairan yang keruh dan berbau diakibatkan dari kandungan amoniak yang tinggi.

Kandungan bahan organik yang masih tinggi dari limbah budidaya ikan lele apabila dibuang secara langsung ke perairan umum akan mengakibatkan pencemaran. Dampak yang dihasilkan dari pencemaran bahan organik di perairan adalah tingginya *nutrient* yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan organisme dan pada kondisi tidak diinginkan bisa memicu terjadinya ledakan populasi plankton yang membahayakan bagi organisme perairan (Wibowo, 2018). Beberapa proses yang telah digunakan untuk mengolah air limbah budidaya ikan lele, antara lain proses menggunakan biofilter, reaktor aerob anaerob, dan fitoremediasi.

Salah satu upaya pengolahan limbah cair yang dapat digunakan adalah metode fitoremediasi. Metode Fitoremediasi merupakan teknik pengolahan air limbah dengan memanfaatkan tanaman air untuk membantu menurunkan zat-zat organik

yang terkandung dalam air limbah (Maslinda, 2021). Fitoremediasi mudah digunakan karena agen fitoremediasi mudah ditemukan di lingkungan sekitar dan biaya yang relatif rendah (Wulandari, 2023).

Kriteria tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi adalah memiliki pertumbuhan yang relatif cepat, biomassa, dan memiliki toleransi hidup yang tinggi terhadap lingkungan tercemar (Fatikasari, 2022). Tumbuhan air yang dapat digunakan seperti kangkung air, eceng gondok, lemna minor ataupun tumbuhan air lainnya. Adapun tumbuhan yang digunakan pada penelitian ini adalah kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan lemna minor.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) juga dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediasi karena kemampuannya yang dapat menurunkan pencemaran pada limbah cair. Dengan menggunakan air limbah merupakan kerja sama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan tersebut (Yulianto, 2020). Dari penelitian eksperimen yang dilakukan oleh Hefni Effendi (2016), menunjukkan bahwa penggunaan tanaman kangkung air dengan metode fitoremediasi efektif dalam menurunkan kadar amonia yang terkandung dalam limbah cair budidaya ikan lele sebesar 72,81%.

*Lemna minor* merupakan tumbuhan terapung yang sebagian organ tumbuhan muncul di permukaan air dan sebagian lagi terendam. Lemna minor merupakan tanaman yang mudah beradaptasi karena dapat tumbuh sepanjang tahun meskipun terjadi perbedaan cuaca dan musim (Fatikasari, 2022). Dari penelitian yang dilakukan oleh Iman Saleh Yulianto (2020), menunjukkan bahwa kombinasi lemna minor dan kangkung air dapat menurunkan kadar TSS sebesar 35,81% - 62,33%, dan kadar amonia sebesar 87,44%.

Adapun lokasi pengambilan sampel yang terletak di pemukiman yang beroperasi sudah sejak tahun 2022 hingga 2024. Pada lokasi tersebut hanya memiliki saluran drainase dan belum memiliki IPAL, sehingga air limbah yang dibuang langsung ke badan air. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah budidaya ikan lele menggunakan fitoremediasi menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan lemna minor. Berdasarkan uraian di atas dilakukan penelitian dengan judul "Efektivitas Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) dan Lemna Minor Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*)"

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik parameter air limbah budidaya ikan lele?
2. Bagaimana pengaruh efektifitas metode fitoremediasi oleh tanaman kangkung air dan lemna minor dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah budidaya ikan lele?
3. Bagaimana pengaruh jenis tanaman dan waktu tinggal terhadap efektifitas penurunan kontaminan pada air limbah budidaya ikan lele?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut

1. Menganalisis karakteristik parameter dari air limbah budidaya ikan lele
2. Menganalisis efektifitas metode fitoremediasi oleh tanaman kangkung air dan lemna minor dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah budidaya ikan lele
3. Menganalisis pengaruh jenis tanaman dan waktu tinggal pada air limbah budidaya ikan lele

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut

1. Bagi Penulis  
Sebagai bentuk kontribusi dalam menjalankan salah satu kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu melakukan penelitian sebagai syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Pelaku Usaha  
Dapat dijadikan sebagai referensi untuk dijadikan bahan perbandingan penelitian di bidang pencemaran air dengan menggunakan metode fitoremediasi.
3. Bagi Instansi  
Sebagai alternatif pengolahan air limbah budidaya ikan lele dalam usaha pengelolaan lingkungan utamanya pada air limbah.
4. Bagi Masyarakat  
Sebagai informasi pada masyarakat mengenai potensi kangkung air dan lemna minor dalam penyerapan kontaminan dalam air limbah.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Adapun ruang lingkup penelitian ialah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan berupa penelitian eksperimental skala laboratorium yang terletak di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Variabel yang digunakan jenis tanaman dan waktu tinggal
3. Parameter (zat pencemar) yang diuji pada penelitian ini adalah parameter BOD, COD, TSS, Amoniak, pH dan fosfat yang diperoleh dari pengujian laboratorium
4. Pengambilan sampel dilakukan langsung pada kolam budidaya ikan lele.
5. Penelitian ini tidak menganalisis bakteri atau mikroorganisme yang ada selama proses fitoremediasi.

## 1.6 Teori

### 1.6.1 Ikan Lele (*Clarias sp.*)

Ikan Lele adalah salah satu jenis ikan air tawar yang termasuk ke dalam ordo *Ostariophys* dan digolongkan ke dalam ikan bertulang sejati. Ikan lele bersifat *nocturnal*, yaitu aktif mencari makanan pada malam hari. Ikan lele memiliki kelebihan yaitu memiliki pertumbuhan yang cepat, memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan, memiliki rasa yang enak, dan kandungan gizinya yang cukup tinggi. Berikut merupakan klasifikasi ikan lele menurut saanin (1984).

Kingdom : *Animalia*

Filum : *Chordata*

Kelas : *Pisces*

Subkelas : *Teleostei*

Ordo : *Ostariophys*

Subordo : *Siluridae*

Famili : *Clariidae*

Genus : *Clarias*

Spesies : *Clarias gariepinus*



**Gambar 1.** Ikan Lele

Ikan lele (*Clarias gariepinus*) memiliki kulit yang licin, berlendir dan tidak bersisik sama sekali. Jika terkena sinar matahari, warna tubuhnya otomatis berubah menjadi loreng seperti mozaik hitam putih. Mulut ikan lele relatif lebar yaitu seperempat dari panjang total tubuhnya. Ikan lele memiliki kumis di sekitar mulut yang berfungsi sebagai alat peraba. Kumis berfungsi sebagai alat peraba saat bergerak atau mencari makan. Badan ikan lele (*Clarias gariepinus*) berbentuk memanjang dengan kepala pipih dibawah. Ikan lele (*Clarias gariepinus*) memiliki tiga buah sirip tunggal yaitu sirip ekor, sirip punggung dan sirip dubur. Selain itu ikan lele (*Clarias gariepinus*) juga memiliki dua buah sirip yang berpasangan untuk alat bantu berenang, yaitu sirip dada dan sirip perut. Ikan lele (*Clarias gariepinus*) juga memiliki senjata yang ampuh dan berbisa yaitu berupa sepasang patil yang terletak di depan sirip dada (Suyanto, 2009). Mulutnya terdapat dibagian ujung moncong dan dihiasi oleh empat pasang sungut, 1 pasang sungut hidung, 1 pasang sungut maksila (berfungsi sebagai tentakel), dan dua pasang sungut mandibula. Insangnya berukuran kecil dan terletak pada kepala bagian belakang (Khairuman dan Amri, 2002).

### 1.6.2 Limbah Cair Budidaya Ikan Lele

Sumber limbah budidaya yang masuk ke perairan umumnya berasal dari sisa pakan dan residu metabolit ikan (Van, 2012). Ikan hanya mampu menyerap 20-30% *nutrient* yang berasal dari pakan, sementara sisanya diekskresikan ke lingkungan dalam bentuk amonia dan protein organik, sedangkan fosfor 25-85% berasal dari sisa metabolisme ikan (Setiyawan dan Hari, 2010). Limbah nitrogen 60-90% ditemukan dalam bentuk terlarut (Van, 2012).

Budidaya ikan lele (*Clarias* sp.) di Indonesia berkembang dengan cepat, karena ikan ini dapat dipelihara di tempat yang sempit dengan kepadatan tebar yang tinggi, dapat dipanen dalam waktu yang singkat, dan permintaan pasar yang tinggi (Radiarta et al. 2012). Air limbah budidaya ikan lele akan mengalami perubahan warna dan bau (Setyowibowo, 2012). Warna yang keruh dan berbau diakibatkan dari kandungan amonia yang tinggi (Erari et al., 2012). Hal tersebut menimbulkan persepsi yakni budidaya ikan lele dapat mengakibatkan pencemaran pada perairan umum.

**Karakteristik air limbah budidaya ikan lele.** Karakteristik limbah organik diketahui dari berbagai parameter kualitas air limbah organik. Limbah organik dari budidaya lele dapat berupa limbah padat dan limbah cair (Setyowibowo, 2012). Parameter kualitas limbah padat yang penting diketahui yaitu bahan pada tersuspensi. Bahan padat tersuspensi dikelompokkan lagi menjadi bahan padat yang tetap (*fixed solids*) dan yang menguap (*volatile solids*). Limbah budidaya ikan dalam bentuk padatan tersuspensi diasumsikan sebanyak 36% dari jumlah pakan yang diberikan setiap harinya (Harris, 2010). Limbah dari pakan dan feses ikan akan terakumulasi dan menurunkan kualitas perairan. Selain itu, limbah organik budidaya ikan lele ini terdapat parameter nilai BOD dan COD. Amonia merupakan parameter yang juga terdapat pada limbah budidaya ikan lele yang berasal dari feses, *urine* dan pakan ikan.

**Baku mutu air.** Baku mutu limbah cair adalah ambang batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk dibuang dari sumber pencemar ke dalam air pada sumber air sehingga tidak mengakibatkan dilampauinya baku mutu air (Asrul, 2022). Untuk mengendalikan pencemaran limbah cair budidaya terhadap lingkungan, maka pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI. Untuk baku mutu air kegiatan budidaya dikategorikan pada kelas tiga dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Baku Mutu Air

Parameter	Baku Mutu
BOD	6 mg/l
COD	40 mg/l
TSS	100 mg/l
Amoniak	0,5 mg/l
Fosfat	1,0 mg/l
pH	6-9

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Kelas 3

Selain baku mutu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 kelas 3, terdapat juga standar baku mutu yang tercantum pada Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No.28 Tahun 2004 tentang Pedoman Umum Budidaya Udang di tentang Pedoman Umum Budidaya Udang di Tambak yang dapat dijadikan perbandingan untuk air limbah kolam atau ikan tradisional.

**Tabel 2.** Baku Mutu Air Limbah Tambak

Parameter	Baku Mutu
BOD	< 25 mg/l
COD	< 40 mg/l
TSS	≤ 25 mg/l
Amoniak	< 0,1 mg/l
Fosfat	< 0,5 mg/l
pH	6-9

Sumber: Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No.28 Tahun 2004

### 1.6.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah proses menghancurkan, memindahkan, menghilangkan ataupun mengurangi bahan pencemar baik senyawa organik ataupun anorganik dengan memanfaatkan tumbuhan. Tumbuhan mempunyai peranan dalam mendegradasi, menyerap dan mentransformasi bahan pencemar (logam berat atau senyawa organik). Penggunaan tanaman dalam fitoremediasi memiliki keunggulan dalam menyerap dan mengurangi toksisitas serta tahan lama pada konsentrasi dan kontaminan cukup tinggi tanpa merusak tanaman. Metode fitoremediasi sendiri mengalami perkembangan pesat, dikarenakan lebih ekonomis dibanding metode lainnya. Ada enam mekanisme fitoremediasi dalam mereduksi zat pencemar, yaitu (Zahra, 2022):

1. *Phytoaciamulation (plytoextraction)* adalah proses tanaman menarik zat pencemar dan diakumulasikan pada sekitar akar tanaman dan diteruskan ke bagian tanaman seperti akar, daun dan batang. Pada proses ini dapat mengurangi bahan organik seperti amonia dan fosfat.
2. *Rhizofiltration (rhizo: akar)* adalah proses akar mengadsorpsi zat pencemar agar menempel pada akar. Bahan organik BOD dapat dikurangi selama proses ini.
3. *Phytostabilization* adalah proses tanaman ketika menarik zat-zat pencemar menuju akar karena tak bisa diteruskan menuju bagian tanaman lain. Zat-zat tersebut akan menempel dengan erat pada akar, sehingga tak terbawa aliran air dalam media. Proses ini lebih berfokus pada menjaga stabilitas polutan di area akar dan mencegah penyebarannya, bukan menyerap atau menghilangkannya secara langsung. Bahan organik TSS dapat berkurang dengan bantuan proses ini dengan terjadinya pengendapan partikel tersuspensi di sekitar akar tanaman.
4. *Rhizodegradation* adalah proses tanaman menguraikan zat pencemar dengan aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tanaman. Bahan organik yang dapat berkurang pada proses ini seperti amonia, fosfat, BOD, COD dan TSS.
5. *Phytodegradation (plato transformation)* adalah proses penyerapan polutan sebagai proses metabolisme tanaman. Proses ini terjadi pada akar, daun dan batang maupun diluar sekitar akar menggunakan bantuan enzim berasal dari

tanaman itu sendiri. Bahan organik yang dapat berkurang dalam proses ini seperti BOD dan COD.

6. *Phytovolatilization* adalah proses dari tanaman dalam penyerapan polutan serta mengubahnya menjadi bersifat volatil supaya tak berbahaya lagi dan selanjutnya diupkan pada atmosfer. Bahan organik yang dapat dikurangi dengan proses ini seperti amonia

Bagian-bagian tanaman berperan penting dalam menurunkan bahan organik atau parameter pada proses fitoremediasi air limbah. BOD, COD, TSS, Amonia, dan Fosfat dapat diturunkan dengan bantuan peran akar (Sriyana, 2006). Pada batang juga berperan dalam menurunkan fosfat dengan diakumulasikan ke jaringan batang sebagai energi. Sedangkan pada daun berperan dalam menurunkan amonia dengan proses penguapan yang melepaskan amonia dalam bentuk gas ketika tanaman sudah menyerap amonia melebihi kebutuhannya.

Unsur nitrogen atau senyawa organik berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan proses metabolisme. Nitrogen merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan untuk pembentukan protein, asam amino, klorofil, serta berbagai enzim bagi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Nitrogen akan diserap oleh akar dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) atau amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) kemudian ditranslokasikan ke daun dan bagian lain yang memerlukan. Di daun, nitrogen yang diintegrasikan ke dalam asam amino dan protein. Adanya distribusi nutrisi yang optimal ke tanaman dapat mendukung pertumbuhan aktif di bagian yang membutuhkannya, misalnya akar yang dapat memperluas area serapan air dan nutrisi, serta daun yang optimal dalam fotosintesis. Selain nitrogen, senyawa organik fosfor juga berperan dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor diserap sebagai fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) untuk produksi energi, asam nukleat, serta struktur sel. Fosfor mendukung dalam pertumbuhan akar yang kuat dan pembentukan bunga serta buah (Safitri, 2017).

#### 1.6.4 Jenis-jenis Tumbuhan Uji

Adapun jenis tanaman yang akan diuji pada penelitian ini yaitu Kangkung air dan Lemna minor.

**Kangkung air (*Ipomoea aquatica*).** Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) merupakan tumbuhan yang termasuk dalam jenis sayur-sayuran dan ditanam sebagai bahan makanan. Tanaman kangkung air dapat tumbuh liar di kolam-kolam, rawa-rawa, sawah atau bahkan di lereng-lereng yang sulit ditumbuhi tanaman lain (Maslinda, 2021).

Kangkung air merupakan tanaman hijau yang termasuk famili *Convolvulaceae*, tanaman tahunan yang tumbuhnya merambat atau membelit, batang panjang, berlubang dan berair, tangkai daun tebal dan berlubang, helaian daun berubah-ubah dalam bentuk dan ukuran serta bunganya berbentuk corong. Klasifikasi tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) sebagai berikut:

Divisi : *Magnoliophyta*

Class : *Mangnoliopsida*

Ordo : *Solanales*

Family : *Convolvulaceae*  
Genus : *Ipomoea*  
Spesies : *Ipomoea aquatica* Forssk



**Gambar 2.** Kangkung Air

Secara anatomi tanaman kangkung memiliki akar serabut yang tumbuh di setiap ruas batang, sehingga memiliki daya hisap yang tinggi terhadap bahan pencemar yang ada disungai. Struktur batang yang berongga berguna untuk mempercepat proses kapilaritas dari batang. Akibatnya kemampuan untuk mengangkut air limbah bisa terjadi dengan cepat. Struktur daun yang terdiri dari 3-5 helai dengan struktur daun yang tipis menyebabkan tumbuhan mudah kehilangan air karena air yang ada didalam menguap. Hilangnya air yang menguap akan menyebabkan tekanan pada daun menjadi rendah sehingga menarik air yang ada di pembuluh. Dengan adanya struktur anatomi, morfologi dan fisiologi pada kangkung membuat tanaman ini dapat menyerap berbagai jenis polutan yang ada disungai (Evy dan Candra, 2018).

*Ipomoea aquatica* (kangkung air) merupakan tanaman air yang banyak tumbuh pada saluran buangan limbah cair sekitar pemukiman. Tanaman ini memiliki daya adaptasi yang cukup luas karena dapat hidup pada berbagai kondisi iklim dan di berbagai habitat. *Ipomoea aquatica* dapat tumbuh dengan baik pada perairan yang tidak terlalu dalam ataupun selokan (Malinda, 2021).

Tanaman kangkung tidak memerlukan persyaratan tumbuh yang sulit, tetapi membutuhkan sinar matahari yang cukup. Faktor yang juga sangat penting dalam pertumbuhan kangkung adalah kekeruhan. Kekeruhan merupakan penggambaran sifat air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain (Maslinda, 2021).

Tanaman kangkung air memiliki kemampuan menyerap nitrogen dengan bantuan mikroba yang terdapat pada bagian akar, yaitu *pseudomonas* sp. Mikroba ini memiliki kemampuan menambat nitrogen, melarutkan fosfat, dan menghasilkan zat pertumbuhan untuk kangkung. Amoniak diserap dalam bentuk ammonium dan akan dimanfaatkan dalam proses biosintesis pembentukan sel baru (Maslinda, 2021). Kangkung air dapat menyerap zat organik melalui ujung akar. Zat organik yang terserap akan masuk ke dalam batang melalui pembuluh pengangkut kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman. Pada proses ini zat organik akan mengalami

reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang tanaman dan diteruskan ke daun (Haeranah & Ridhayani, 2019).

Tanaman kangkung air memiliki kemampuan untuk menurunkan bahan organik dan logam berat pada air yang tercemar. Oleh karena itu, metode fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan kangkung air diharapkan dapat mengurangi konsentrasi amoniak dan fosfat di dalam limbah cair hingga kadar dibawah baku mutu, sehingga limbah aman untuk dibuang ke perairan. Metode fitoremediasi merupakan salah satu solusi untuk menurunkan konsentrasi pencemar secara murah dan aman. Tumbuhan kangkung air telah dikenal sebagai agen fitoremediator yang baik (Maslinda, 2021).

**Lemna minor.** Lemna minor adalah tanaman air yang tumbuh mengapung bebas dengan tingkat penyebaran yang sangat luas dan potensial sebagai sumber hijauan pakan bagi ternak (ayam, ikan) yang berkualitas tinggi dengan berkembang biak secara vegetatif atau tunas. Sistem perakaran yang menggantung sangat memungkinkan memiliki kemampuan menyerap zat organik dan anorganik yang ada di perairan, sehingga tanaman lemna minor sering dimanfaatkan untuk remediasi perairan. Selain itu, lemna minor juga dikenal sebagai gulma yang hidup di air dan cenderung sulit untuk di kendalikan (Yulianto, 2020).

Lemna minor adalah tumbuhan air tawar yang terapung dengan satu, dua atau tiga daun masing-masing dengan akar tunggal dan menggantung di dalam air, tanaman membelah dan menjadi individu yang terpisah. Panjang akar 1-2 cm, daun oval dengan lebar 1-8 mm, berwarna hijau muda, dengan tiga daun (jarang lima) pembuluh darah, dan ruang udara kecil untuk membantu mengapung di air. Tumbuhan ini mudah menyebar, dan bunga jarang diproduksi, ketika memproduksi sekitar 1 mm diameter, dengan skala membran berbentuk cangkir yang berisi bakal biji tunggal dan dua benang sari. Benih lemna minor 1 mm, berusuk dengan 8-15 rusuk. Umur hidup lemna minor terlama yaitu 31,5 hari dengan laju pertumbuhan sebesar 0,45 % setiap hari (Lemon, *et. al.*, 2001).



**Gambar 3.** Lemna Minor

Pertumbuhan dan perkembangan lemna minor pada kondisi optimal dapat mencapai dua kali lipat dalam dua hari (Landesman *et al.*, 2005). Secara umum pertumbuhan lemna minor dipengaruhi *temperature*, intensitas cahaya dan kecukupan nutrisi pada media yang digunakan. Kondisi pertumbuhan lemna minor yaitu pada kisaran suhu 6-33 °C dan rentang optimal antara 5,5-7,5 (Mkandawire dan Dudel, 2007).

Tanaman ini memiliki klasifikasi sebagai berikut (Yulianto, 2020):

Divisi : *Anthophyta*  
Class : *Liliopsida*  
Sub Class : *Arecidae*  
Ordo : *Arales*  
Family : *Lemnaceae*  
Genus : *Lemna*

Sistem perakaran yang menggantung sangat memungkinkan untuk menyerap zat organik dan anorganik yang ada di perairan, sehingga tanaman lemna minor sering dimanfaatkan untuk remediasi perairan. Akar tumbuhan yang tumbuh di perairan yang mengandung senyawa *organic* akan menyerap kandungan senyawa organik tersebut kemudian mengakumulasi dalam bagian daun dan batang tumbuhan (Nisa, 2022).

Lemna minor yang mempunyai kandungan lemak dan protein yang tinggi merupakan sumber makanan bagi hewan dan unggas. Lemna minor berpotensi dalam pengolahan air limbah, menyerap kelebihan nutrisi dari permukaan air, termasuk fosfor dan amonia, mengurangi padatan tersuspensi, dan mengurangi permintaan oksigen biokimia (Ayudyaningtyas, 2011).

#### 1.6.5 Parameter Uji

Pada penelitian ini parameter pengujian digunakan sesuai dengan baku mutu air pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana air budidaya ikan dikategorikan dalam kelas dua. Adapun parameter yang digunakan yaitu, BOD, COD, TSS, amonia, fosfat, dan pH.

**BOD (*biochemical oxygen demand*)**. BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan tersebut. Mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk memecah bahan buangan organik sering disebut dengan bakteri aerob, mikroorganisme yang tidak memerlukan oksigen disebut dengan bakteri *anaerobic* (Sitorus dkk., 2021).

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf dan Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organic*) yang ada di perairan (Wibowo, 2018).

Pada dasarnya pengujian BOD hanya merupakan indeks jumlah bahan organik yang dapat dimetabolisme oleh mikroorganisme. Bukan keseluruhan bahan organik yang ada. Pada limbah dengan BOD yang tinggi memerlukan pengenceran dalam analisisnya. Hal ini disebabkan semakin tinggi BOD maka limbah tersebut memiliki oksigen terlarut yang semakin rendah. Salah satu kelemahan uji BOD adalah waktu inkubasinya yang lama (umumnya menggunakan waktu standar lima hari). Oleh sebab itu, selain menggunakan uji BOD maka dalam uji kualitas limbah juga dilakukan uji COD (Hidayat, 2016).

**COD (*chemical oxygen demand*).** Kebutuhan oksigen kimiawi COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik didalam air secara kimiawi. Nilai COD merupakan ukuran dan pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimia dan mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990). sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai akan teroksidasi (Wibowo, 2018).

Pengukuran kekuatan limbah menggunakan parameter COD adalah cara yang berbeda dalam mengukur kebutuhan oksigen dalam air limbah. Dibandingkan dengan metode BOD, metode COD ini membutuhkan waktu pengujian yang lebih singkat. Prinsip pengukuran COD adalah pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi tidak hanya bahan organik, tetapi juga anorganik yang umumnya terdiri dari kebutuhan senyawa-senyawa yang tidak dapat dipecah secara biokimia (Ethica, 2018).

**TSS (*total suspended solid*).** *Total Suspended Solid* (TSS) air adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu, dengan satuan mg per liter. Padatan tersuspensi terdiri dari komponen tersuspensi koloid. Padatan tersuspensi mengandung bahan anorganik dan bahan organik. Bahan anorganik antara lain berupa zat dari butiran pasir, sedangkan bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dan padatan biologi lainnya seperti sel alga, bakteri dan dari kotoran hewan kotoran manusia, lumpur nusia lumpur dan sebagainya dapat pula berasal dari limbah industri (Sastrawijaya, 2000).

Perubahan secara fisik meliputi penambahan zat padat baik bahan organik maupun bahan anorganik ke dalam perairan sehingga meningkatnya kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam badan air. Berkurangnya penetrasi sinar matahari akan berpengaruh pada proses fotosintesis oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya (Paulus et al., 2020). Menurut Effendi (2003) *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan materi atau bahan tersuspensi yang terkandung dalam air yang kemudian menyebabkan air menjadi keruh, partikel tersuspensi ini umumnya terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik yang disebabkan oleh kikisan air tanah atau erosi yang terbawah badan air.

Tingginya TSS dalam perairan dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut, jika hal ini akan berlangsung lama maka perairan tersebut menjadi anaerob, sehingga organisme aerob akan mati. Tingginya TSS dalam air dapat secara langsung mengganggu biota perairan seperti ikan, karena TSS akan tersaring dalam insang pada ikan. Nilai TSS merupakan salah satu parameter biofisik perairan yang secara dinamis mencerminkan perubahan yang terjadi di daratan maupun perairan (Paulus et al., 2020).

**Amonia.** Amonia adalah senyawa nitrogen yang mudah larut di dalam air. Persentase amonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) akan meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Kandungan amonia bebas sangat dipengaruhi oleh keberadaan oksigen terlarut. Jumlah amonia akan sedikit apabila di dalam perairan memiliki kandungan oksigen yang tinggi. Amonia dapat menimbulkan bau yang sangat menyengat atau tajam karena berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa kimia sehingga akan menyebabkan pencemaran air. Amonia dalam perairan akan ditemukan lebih banyak dalam bentuk ion amonium ( $\text{NH}_4$ ) jika  $\text{pH} < 7$ , namun apabila  $\text{pH} > 7$ , amonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak (Amry Jaya, 2018). Menurut Sulistiyanto (2018) toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu.

Amonia merupakan bentuk utama ekskresi nitrogen dari organisme akuatik. Sumber utama amonia ( $\text{NH}_3$ ) adalah bahan organik dalam bentuk sisa pakan, kotoran ikan maupun dalam bentuk plankton dari bahan organik tersuspensi. Pembusukan bahan organik, terutama yang banyak mengandung protein, menghasilkan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan  $\text{NH}_3$ . Bila proses lanjut dari pembusukan (nitrifikasi) tidak berjalan lancar maka dapat terjadi penumpukan  $\text{NH}_3$  sampai pada konsentrasi yang toksik bagi ikan (Yulianto, 2020).

**Fosfat.** Fosfor adalah metabolit penting lainnya atau produk terurai dari pakan akuakultur yang juga kurang dimanfaatkan. Tidak seperti amonia, fosfor tidak beracun bagi ikan budidaya, tetapi ketika dilepaskan ke lingkungan, ia memperkaya badan air alami dan menyebabkan eutrofikasi, tergantung pada konsentrasinya, frekuensi pelepasan, dan ukuran badan air penerima. Tidak seperti nitrogen yang dilepaskan ke dalam air terutama dalam bentuk terlarut, persentase P yang lebih besar dilepaskan sebagai partikulat dalam tinja. Ini bervariasi menurut spesies, dengan Tilapia hibrida melepaskan fosfor utama (60–62%) dalam bentuk terlarut melalui ekskresi. Fosfor dalam air budidaya terutama dilepaskan sebagai fosfat, yang merupakan nutrisi penting untuk air penerima bersama dengan padanan nitratnya dari nitrogen. Sayangnya, ketika konsentrasinya tinggi, keduanya menyebabkan eutrofikasi di badan air penerima (Dauda et al., 2019).

Menurut Mortula dan Gagnon (2006) pelepasan fosfor di perairan dalam kisaran 71-83% dapat mempengaruhi kualitas air yaitu terjadinya penurunan kadar oksigen pada perairan. Menurut Ebeling et al. (2006) meningkatnya sisa pakan dan buangan metabolit yang terakumulasi dapat menyebabkan peningkatan fosfat sehingga kualitas air menjadi rendah yaitu menurunnya kadar oksigen terlarut pada perairan.

Konsentrasi fosfat yang tinggi akan mengganggu proses metabolisme bahkan dapat mengakibatkan kematian pada ikan.

Keberadaan fosfor secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulir ledakkan pertumbuhan fitoplankton di perairan. Fitoplankton yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan. Pada saat perairan cukup mengandung fosfor, fitoplankton mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya. Fenomena yang demikian dikenal dengan istilah konsumsi lebih (Radhiyufa, 2011).

**pH (*power of hydrogen*)**. Derajat keasaman atau pH merupakan ukuran konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan suasana asam atau basa suatu perairan. Faktor yang mempengaruhi pH adalah konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan senyawa yang bersifat asam. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan lingkungan yang masam, nilai pH di atas 7 menunjukkan lingkungan yang basa (alkalin) sedangkan pH 7 menunjukkan keadaan lingkungan yang netral (Lesmana, 2004). Beberapa faktor yang memengaruhi pH perairan di antaranya aktivitas fotosintesis, suhu, dan terdapatnya anion dan kation (Yulianto, 2020).

Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen dan ion-ion. Sebagaimana diketahui bahwa pada pH 6-9 kehidupan biota dalam suatu perairan dapat berlangsung secara normal baik kehidupan hewan maupun tumbuhan air, karena dalam kondisi tersebut proses-proses kimia dan mikrobiologis yang menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kehidupan biota serta kelestarian lingkungan tidak terjadi (Yusuf, 2008).

Asmawi (1983) menyatakan, bahwa pada siang hari pH suatu perairan meningkat. Hal ini disebabkan adanya proses fotosintesis pada siang hari, saat itulah tanaman air atau *fitoplankton* mengkonsumsi karbondioksida. Sebaliknya, pada malam hari pH perairan akan menurun karena tanaman air dan *fitoplankton* mengonsumsi oksigen dan menghasilkan karbondioksida.

Batas minimum pH yang di toleransi ikan air tawar pada umumnya 4,0 dan batas maksimum 11,0. Derajat keasaman (pH) yang terlalu rendah maupun yang terlalu tinggi terus menerus, dapat menyebabkan berkurangnya pertumbuhan pada ikan karena pada suasana tersebut mengganggu pertukaran zat di dalam tubuhnya (Yulianto, 2020).

### 1.6.6 Penelitian terdahulu

**Tabel 3.** Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1.	Rizma Nur Fatikasari Tarzan Purnomo	Efektivitas <i>Hydrilla verticillata</i> dan <i>Lemna minor</i> sebagai Fitoremediator LAS pada Deterjen Limbah Domestik	2022	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan <i>Lemna minor</i> lebih efektif 97,48% dibandingkan <i>Hydrilla verticillata</i> 96% dalam menurunkan kadar LAS deterjen. Morfologi tumbuhan <i>Hydrilla verticillata</i> pada kadar LAS deterjen yang tinggi menunjukkan perubahan warna pada bagian akar, batang dan daun serta perubahan bentuk daun sedangkan morfologi <i>Lemna minor</i> pada kadar LAS deterjen yang tinggi menunjukkan perubahan warna pada akar dan daun.	LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi Vol. 11, No. 2, Hal. 263-272.
2.	Maya Safitri Mukarlina Tri Rima Setyawati	Pemanfaatan Lemna minor L. dan <i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle untuk Memperbaiki Kualitas Air Limbah Laundry	2019	Kombinasi L. minor dan H. verticillata dengan perbandingan 1:2 mampu menurunkan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dan <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS) tertinggi pada air limbah laundry dengan penurunan sebesar 52,87% dan 4,02% serta meningkat oksigen terlarut (DO) sebesar 7,13 mg/L. Penurunan kadar klorin tertinggi terjadi pada perlakuan L. minor dan H. verticillata dengan perbandingan 1:1 sebesar 0,110 mg/L. Seluruh perlakuan L. minor dan H. verticillata baik secara tunggal maupun kombinasi belum mampu menurunkan	Jurnal Protobiont Vol. 8, No. 2, Hal. 39-46

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
3.	Hefni Effendi Bagus Amalrullah Utomo Giri Maruto D. Rebo Elfida Karo- Karo	Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele ( <i>Clarias Sp.</i> ) dengan Kangkung ( <i>Ipomoea Aquatica</i> ) dan Pakcoy ( <i>Brassica Rapa Chinensis</i> ) dalam Sistem Resirkulasi	2015	kandungan fosfat pada air limbah <i>laundry</i> pada hari ke 14 perlakuan. Suhu air selama pengamatan (27-30°C) berpengaruh terhadap pertumbuhan pakcoy, dimana pakcoy merupakan tanaman introduksi dari subtropic yang bersuhu dingin (18-22 °C). Persentasi penurunan amonium pada perlakuan kangkung (78,42%) dan pakcoy (52,16%). Penyerapan amonium secara langsung melalui akar sebagai pupuk alami pada kangkung lebih optimal bila dibandingkan dengan pakcoy. Persentase penurunan amonia bebas menunjukkan perbedaan pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy berturut-turut adalah 89,16%, 93,62%, dan 96,62%. Perlakuan kangkung lebih efektif dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dan laju konversi pakan ikan lele.	Jurnal Ecolab Vol. 9, No. 2, Hal. 47-104
4.	Johannes Febrianto M. Yanuar J. Purwanto Roh Santoso B. W.	Pengolahan Air Limbah Budidaya Perikanan Melalui Proses Anaerob Menggunakan Bantuan Material Bambu	2016	Efisiensi penyisihan tertinggi ada pada waktu tinggal 7 hari di tiap-tiap luas permukaan (drum). Efisiensi penyisihan dan penurunan nilai kandungan BOD5 pada drum 1, drum 2, dan drum 3 berturut-turut adalah 82.28%, 73.67%, dan 73.94%. Efisiensi penyisihan kandungan COD pada drum 1, drum 2, dan drum 3 berturut-turut yaitu 23.08%,	Jsil: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Vol. 1, No. 2.

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
				42.09%, dan 22.40%. Sementara itu, efisiensi kandungan amonia pada drum 1, drum 2, dan drum 3 berturut-turut yaitu 49.65%, 34.96%, dan 44.82%.	
5.	Linda Wulandari Ibi Fatimah Tutwuri Handayani Yulintine Maryani	Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele Dumbo ( <i>Clarias gariepinus</i> ) Dengan Menggunakan Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> ) Dan Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> )	2023	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fitoremediasi menggunakan tanaman air kayu apu, dan kiambang, memiliki efek signifikan dalam meningkatkan kualitas limbah dari akuakultur ikan lele. Kayu apu mampu mengurangi kadar amonia sebesar 97,81% dan bahan organik sebesar 33,19%, sedangkan kiambang mampu mengurangi kadar amonia sebesar 97,23% dan bahan organik sebesar 20,00%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam meningkatkan kualitas limbah akuakultur ikan lele, kayu apu ( <i>Pistia stratiotes</i> ) lebih efektif daripada kiambang	Jurnal Akuakultur Sebatin Vol. 4 No. 2
6.	Sri Seprianto Maddusa Chreisyne K.F. Mandagi	Efektifitas Tanaman Jirangau ( <i>Acorus calamus</i> ) dan Tanaman Kangkung Air ( <i>Ipomoea aquatica</i> ) Dalam Menurunkan Kadar Amoniak (NH <sub>3</sub> ) Pada Limbah Cair	2017	Hasil penelitian menunjukkan kadar amoniak pada awal percobaan yaitu 3,18 mg/l. Pada wadah yang ditumbuhi tanaman Jirangau terdapat penurunan kandungan amoniak hingga 0,025 mg/l (99,21%) pada hari ke-15 dan yang ditanami kangkung air 0,042 mg/l (98,67%) pada hari ke-15. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa tanaman Jirangau lebih efektif daripada tanaman	Jurnal Bionature Vol. 18 No. 1, Hal. 8-14

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
				kangkung air dalam menurunkan kadar amoniak pada air limbah. Oleh karena itu disarankan untuk menggunakan tanaman air dalam menurunkan kandungan amoniak pada air limbah.	
7.	Maslinda	Efektifitas Penggunaan Tanaman Kangkung Air ( <i>Ipomoea aquatica</i> ) Dalam Menurunkan Kadar Amonia (NH <sub>3</sub> ) Dan COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) Pada Limbah Cair Pabrik Tahu Di Lok Bahu Samarinda	2021	Hasil perlakuan menggunakan kangkung menunjukkan bahwa dari tiga variasi waktu tinggal yaitu 2, 4 dan 6 hari terjadi penurunan kadar Amonia sebesar 17,8772 mg/L dan kadar COD sebesar 110,7762 mg/L pada waktu tinggal 6 hari. Hasil analisis statistik menunjukkan P-value = 0,002 < 0,05 yang artinya penggunaan tanaman kangkung air berpengaruh terhadap penurunan kadar amonia dan kadar COD pada air limbah pabrik tahu. Disimpulkan bahwa penggunaan tanaman kangkung air untuk mengolah limbah cair tahu dapat menurunkan kadar amonia sebesar 46% dan COD sebesar 39% dalam waktu tinggal 6 hari perlakuan.	Tugas Akhir Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman
8.	Iman Saleh Yulianto	Tingkat Keberhasilan Perbandingan <i>Lemna Minor</i> Dan Kangkung Air ( <i>Ipomoea Aquatica</i> ) Sebagai Fitoremediasi Dalam Pengelolaan Limbah Cair Hasil Budidaya Ikan	2020	Hasil penelitian menunjukan bahwa perbedaan metode kombinasi pada penurunan <i>total suspended solid (TSS)</i> berpengaruh dan semakin meningkat dalam setiap wadah uji dengan efisiensi mencapai 35,81% - 62,33%. Penyerapan <i>total suspended solid (TSS)</i> terbaik dengan kepadatan <i>lemna minor</i>	Tugas Akhir Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
		Nila ( <i>Oreochromis Niloticus</i> )		75% dan kangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> ) 10 tangkai.	Pancasakti Tegal
9.	Choirun Nisa	Efektivitas Tumbuhan Mata Lele ( <i>Lemna sp.</i> ) sebagai Fitroremediator Limbah Budidaya Pendederan Intensif Ikan Baung ( <i>Hemibagrus nemnurus Blkr.</i> )	2022	Hasil penelitian selama 60 hari menunjukkan bahwa fitoremediasi menggunakan <i>lemna sp.</i> memberikan pengaruh yang nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap pertumbuhan, sintasan ikan baung dan pertambahan biomassa <i>Lemna sp.</i> perlakuan dengan biomassa <i>Lemna sp.</i> sebesar 50 gram adalah perlakuan terbaik dengan panjang mutlak ( $6,61 \pm 0,22$ cm), bobot mutlak ( $10,45 \pm 0,22$ g), dan sintasan sebesar 96%. Pertambahan biomassa <i>Lemna sp.</i> yang tertinggi yaitu pada perlakuan biomassa 25 gram sebesar $25,77 \pm 1,61$ g. Hasil fitoremediasi menggunakan <i>Lemna sp.</i> mampu meningkatkan pertumbuhan, sintasan dan pertumbuhan biomassa <i>Lemna sp.</i>	Tugas Akhir Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
10.	Agnes Tyagita Ayudyaningtyas	Perbandingan Efektifitas Tanaman Air <i>Lemna Minor</i> dan <i>Hydrilla Verticillata</i> Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD (Studi kasus : Industri Kecil Tahu di Desa Tunggulwulung)	2011	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman <i>Hydrilla verticillata</i> memiliki efektifitas yang lebih baik dibandingkan tanaman <i>Lemna minor</i> dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Keefektifitasan tanaman <i>Hydrilla verticillata</i> terjadi pada kerapatan tanaman $80 \text{ mg/cm}^2$ hari keenam. Konsentrasi BOD dapat diturunkan hingga 92,49% dari konsentrasi 1.237	Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
11.	Wahyu Budi Wibowo	Analisis Limbah Organik dari Budidaya Ikan Lele ( <i>Clarias sp.</i> ) dengan Pemanfaatan Kijing Taiwan ( <i>Anodonta woodiana</i> ) sebagai Biofilter	2018	<p>mg/l menjadi 92,95 mg/l. Sedangkan konsentrasi COD dapat diturunkan hingga 97,62% dari konsentrasi 10.934 mg/l menjadi 260,5 mg/l.</p> <p>Pemanfaatan kijing Taiwan sebagai biofilter dapat menurunkan kadar COD sebanyak 82%, kadar BOD sebanyak 66,5%, kadar TOM sebanyak 88% dan menurunkan kadar TSS sebanyak 85%. Kijing Taiwan dengan ukuran 6-7 cm lebih efektif dalam menurunkan kadar bahan organik dibandingkan dengan yang berukuran 10 -11 cm. Kijing Taiwan dengan ukuran 6-7 cm setelah pendedahan 9 jam tiap individu rata-rata dapat menurunkan kadar COD sebanyak 10,28 mg/liter dan kadar TOM 3,55 mg/liter. kijing Taiwan dapat digunakan untuk menurunkan kadar bahan organik dari air limbah budidaya ikan lele sehingga menjadi air yang relatif bersih dan ramah lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan tidak mencemari perairan umum</p>	Tesis Program Magister Budidaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya
12.	Nadiyah Aulia	Pengaruh Debit dan Aerasi Terhadap Proses Fitoremediasi Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Tanaman Kangkung Air ( <i>Ipomea Aquatica Forsk.</i> )	2021	Hasil dari penelitian ini, terjadinya penurunan kadar kontaminan air limbah tahu dalam proses fitoremediasi menggunakan tanaman Kangkung Air ( <i>Ipomea Aquatica Forsk.</i> ). Perlakuan debit variasi ketiga dengan penambahan	Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik,

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur	
				<p>aerasi, mampu menurunkan semua kadar kontaminan dan sudah memenuhi baku mutu yang di tetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Pada akhir penelitian ini, kadar BOD memiliki efisiensi penyisihan 95,31%, kadar COD memiliki efisiensi penyisihan 91,67%, kadar TSS 86,67%. Debit dan kebutuhan oksigen memengaruhi efisiensi penyisihan kontaminan dalam limbah air tahu pada proses Fitoremediasi dengan Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica Forsk.</i>). Dimana, semakin kecil debit dan dilakukan penambahan oksigen, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan kadar kontaminan yang ada pada limbah air tahu.</p>	Universitas Hasanuddin	
13.	Juan Eloys Silaban	<p>Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)</p>	2022	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi terbaik dalam penyisihan air limbah laundry adalah ketebalan media 2 (M2) dan berat tanaman 400 gr (B2) dengan Efisiensi terbaik penggunaan variasi berat tanaman dan ketebalan media (B2M2) dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak masing-masing adalah 92,94%, 95,27%, 92,06%, 96%, dan 79%.</p>	Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin	
14.	Haeranah Ahmad Ridhayani Adiningsih	Efektivitas Fitoremediasi	Metode	2019	<p>Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antara</p>	Jurnal Farmasetis Vol.

---

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
		Menggunakan Tanaman Eceng Gondok dan Kangkung Air dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu		konsentrasi BOD air limbah tahu sebelum dan sesudah dikontakkan tanaman Kangkung Air dan Eceng Gondok dan tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS air limbah tahu sebelum dan sesudah dikontakkan tanaman Eceng Gondok dan Kangkung Air. Media yang digunakan dalam metode fitoremediasi yang paling efektif adalah menggunakan tanaman Eceng Gondok ( <i>Eichhornia sp.</i> )	8 No. 2, Hal 31-38

---

## **BAB II**

### **METODE PENELITIAN**

#### **2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, terhitung sejak bulan Juni hingga Agustus 2024. Penelitian ini dimulai dari persiapan alat dan bahan, persiapan tanaman, pengambilan sampel, hingga analisis kualitas air limbah budidaya lele. Pengambilan sampel dilakukan di salah satu budidaya lele kawasan pemukiman yaitu di Jalan Nipa-Nipa II, Blok BIII/88, Perumnas Antang, Makassar, Sulawesi Selatan. Sedangkan lokasi pengambilan tanaman Kangkung Air dan Lemna Minor diambil di daerah rawa-rawa Jalan Bontotangga No.36, Paccinongang, Gowa, Sulawesi Selatan.

Selanjutnya lokasi eksperimen pengolahan air limbah dan pengujian sampel air limbah di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Hal ini dikarenakan perlu pemantauan secara langsung fitoremediasi dan hasil pengolahan air limbah serta Laboratorium kualitas air ini mampu melayani pengujian untuk semua parameter yang akan diuji.

#### **2.2 Variabel Penelitian**

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan melakukan pengujian untuk melihat pengaruh variabel yang diteliti terhadap penyisihan zat tercemar pada air limbah budidaya ikan lele. Penelitian ini menggunakan 2 variabel, yaitu:

##### **2.2.1 Variabel bebas**

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jenis tanaman yang digunakan dengan berat masing-masing sebesar 200 gr dan variasi waktu tinggal. Adapun variasi tersebut disimbolkan sebagai berikut.

Jenis tanaman

T1 = Kangkung (200 gr)

T2 = Lemna minor (200 gr)

T3 = Kangkung air dan Lemna minor (100:100 gr)

Pengambilan keputusan dari berat tanaman 200 gr didasarkan pada penelitian sebelumnya yang memanfaatkan berat tanaman lemna minor dengan 100 gr (Safitri, dkk., 2019). Hasil penelitian tersebut dijadikan dasar penentuan berat tanaman sebesar 100 gr yang dapat menurunkan konsentrasi TSS di angka 47,64% - 52,87%.

Waktu tinggal

D1 = 2 hari

D2 = 6 hari

D3 = 10 hari

Pengambilan Keputusan dari variasi waktu tinggal didasarkan pada penelitian sebelumnya yang melakukan pengambilan sampel dengan interval setiap 2 hari

selama 10 hari (Ayudyaningtyas, 2011). Hasil penelitian tersebut dijadikan dasar penentuan pengambilan sampel setiap hari ke- 2, hari ke- 6, dan hari ke- 10 dengan penurunan konsentrasi zat kontaminan yang signifikan.

Adapun matriks penelitian pada pengolahan air limbah budidaya ikan lele menggunakan fitoremediasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Matriks Penelitian

Jenis Tanaman (T)	Waktu pengambilan sampel (D)		
	D1	D2	D3
T0	T0D1	T0D2	T0D3
T1	T1D1	T1D2	T1D3
T2	T2D1	T2D2	T2D3
T3	T3D1	T3D2	T3D3

Keterangan :

T0 : Tanpa Tanaman (Kontrol)

T1 : Kangkung Air

T2 : Lemna Minor

T3 : Kangkung Air dan Lemna Minor

D1 : Hari ke- 2

D2 : Hari ke- 6

D3 : Hari ke- 10

### 2.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur untuk mengetahui besarnya pengaruh dari variabel bebas. Adapun variabel terikat pada penelitian ini yaitu efisiensi penurunan parameter TSS, BOD, COD, fosfat, pH dan amonia pada air limbah budidaya ikan lele sesuai dengan baku mutu air limbah pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup ataupun Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No.28 Tahun 2004.

### 2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan pada pembuatan reaktor dan pengujian sampel air limbah budidaya ikan lele. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 sebagai berikut.

**Tabel 5.** Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Fungsi	Spesifikasi
1.	Jirigen	Sebagai tempat pengambilan air limbah	Kapasitas 20 liter berjumlah 3 buah
2.	Baskom plastik	Sebagai bak efluen	Berjumlah 3 buah
3.	Alat Refluks	Untuk mengoksidasi zat organik dalam sampel air	Pengujian COD
4.	Buret, statif, dan klem	Untuk melakukan titrasi larutan titran pada sampel air	Pengujian BOD, COD, Amonia, Fosfat
5.	Alat Vakum	Untuk menghisap sampel air agar dapat melewati kertas	Pengujian TSS

No.	Alat	Fungsi	Spesifikasi
6.	Botol Winkler	saring sehingga TSS dapat tersaring dan diukur untuk menyimpan larutan contoh uji	Pengujian BOD
7.	pH meter	untuk mengukur tingkat derajat keasaman air sampel air	Pengujian pH
8.	Oven	Untuk menguapkan air pada media saring	Pengujian TSS
9.	Desikator	Untuk mendinginkan dan menyerap air pada media saring	Pengujian COD, TSS
10.	Timbangan analitik	Untuk mengukur massa kertas saring dan erlemeyer sebelum dan setelah penyaringan	Pengujian TSS
11.	Timbangan digital	Untuk mengukur berat tanaman uji	Pengukuran berat tanaman $\pm 300$ gr
12.	Spektrofotometer	Untuk menghitung seberapa besar atau banyak konsentrasi parameter pada sampel	Pengujian Amonia, Fosfat

**Tabel 6.** Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Fungsi	Spesifikasi
1.	Air Limbah Budidaya ikan lele	Sebagai sampel uji	60 liter
2.	Tanaman Kangkung Air dan Lemna Minor	Sebagai tanaman uji	$\pm 200$ gr
3.	Kran, <i>sock drat</i> , <i>water mor</i>	Sebagai jalur keluarnya air	Diameter $\frac{1}{2}$ "
4.	Kaca	Untuk pembuatan reaktor	Ketebalan 8 mm
5.	Pipa PVC	Sebagai jalur keluarnya air dan sebagai penyambung dari kran	Diameter $\frac{1}{2}$ "
6.	Reagen pengujian BOD, COD, fosfat, dan amonia	Sebagai bahan kimia yang berperan untuk menunjukkan zat pencemar pada parameter BOD, COD, fosfat dan amonia	Pengujian BOD, COD, Fosfat, Amonia
7.	Kertas saring <i>glass fiber</i>	Sebagai media yang digunakan untuk menyaring sampel air	Pengujian TSS

## 2.4 Populasi dan Sampel

Penelitian ini berfokus pada pengolahan air limbah budidaya ikan lele yang didapatkan dari limbah usaha budidaya ikan lele di daerah pemukiman. Oleh karena itu, populasi dalam penelitian ini adalah air limbah budidaya ikan lele. Sedangkan sampel yang digunakan adalah air limbah yang dihasilkan oleh usaha budidaya ikan lele sebagai karakteristik air limbah budidaya ikan lele.

## 2.5 Pelaksanaan Penelitian

### 2.5.1 Pembuatan desain reaktor

Reaktor pada penelitian ini dibutuhkan sebanyak 3 buah reaktor uji berbentuk persegi panjang dengan masing-masing ukuran panjang 40 cm, lebar 25 cm dan tinggi 30 cm dan 1 buah bak kontrol. Ketiga reaktor uji diletakkan di atas *styrofoam* sebagai alas reaktor. Setiap reaktor dilengkapi masing-masing bak efluen plastik sebagai penampung air yang telah diolah untuk pengambilan sampel. Pembuatan desain reaktor ini menggunakan *software Sketchup 2023*.

Adapun contoh perhitungan desain reaktor sebagai berikut.

Volume yang digunakan =  $0,02 \text{ m}^3$

Panjang =  $0,4 \text{ m}$

Lebar =  $0,25 \text{ m}$

Tinggi =  $0,3 \text{ m}$

Maka didapatkan,

Volume = Luas x Tinggi

$$= 0,1 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 0,03 \text{ m}^3$$

Debit =  $\frac{\text{Volume}}{\text{Waktu Tinggal}}$

$$= \frac{0,03 \text{ m}^3}{2 \text{ hari}}$$

$$= 0,015 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume bak = Debit x Waktu Tinggal

$$= 0,015 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ hari}$$

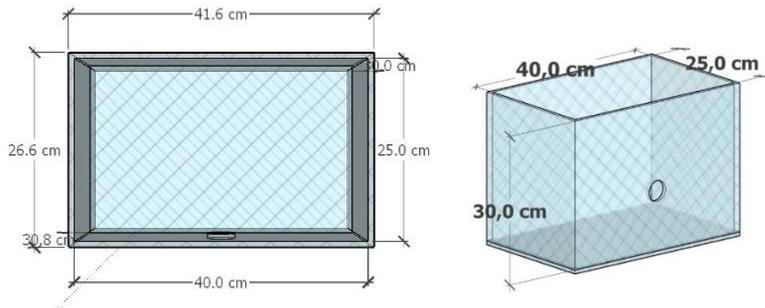
$$= 0,03 \text{ m}^3$$

Maka, cek volume

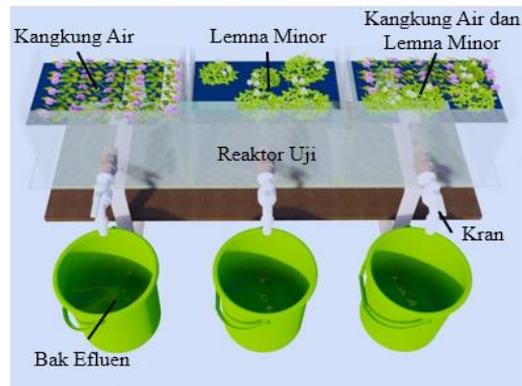
Volume Efektif =  $P \times L \times H$

$$= 0,4 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 0,03 \text{ m}^3 \text{ (Vef} \geq \text{Vbak)}$$



**Gambar 4.** Ukuran Desain Reaktor



**Gambar 5.** Desain Reaktor Fitoremediasi

### 2.5.2 Persiapan Eksperimen

**Persiapan alat dan bahan.** Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama eksperimen pengolahan air limbah budidaya ikan lele terdiri dari rangkaian reaktor dan tanaman fitoremediasi adalah sebagai berikut.

1. Bak fitoremediasi terbuat dari kaca dengan ukuran P x L x T adalah 40 cm x 25 cm x 30 cm. Bak efluen menggunakan baskom plastik dengan ukuran ±3 L. Bak kontrol terbuat dari bahan kaca dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 30 cm .
2. Kran air, lem kaca, lem pipa, pipa pvc ½", water mor ½"
3. Tanaman fitoremediasi yaitu kangkung air dan lemna minor



**Gambar 6.** Persiapan Tanaman

**Perakitan.** Setelah persiapan alat dan bahan selanjutnya dilakukan perakitan reaktor. Perakitan sesuai urutan pengolahan yang dimulai dengan bak fitoremediasi kemudian bak efluen yang tersusun dengan sistem *batch*.



**Gambar 7.** Reaktor Pengolahan Air Limbah Budidaya Ikan Lele

**Pengambilan sampel.** Pengambilan sampel air limbah budidaya ikan lele dilakukan sesuai dengan metode berdasarkan SNI 6989.59:2008 tentang air dan air limbah– Bagian 59: Metode pengambilan contoh air limbah. Air limbah budidaya ikan lele diambil dari pembudidayaan ikan lele sebanyak 60 liter dengan menggunakan jerigen. Sehingga, air limbah yang telah peroleh akan menjadi bahan utama dalam pengujian kadar kontaminan dengan metode fitoremediasi pada air limbah budidaya ikan lele.



**Gambar 8.** Pengambilan Air Sampel

**Aklimatisasi dan *seeding*.** Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi tanaman uji dilakukan sebelum tanaman tersebut diaplikasikan untuk mereduksi kandungan senyawa organik. Proses aklimatisasi ini bertujuan agar tanaman uji mampu menyesuaikan diri dengan limbah yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya (Ayudyaningtyas, 2011).



**Gambar 9.** Tanaman Sebelum Aklimatisasi



**Gambar 10.** Tanaman Setelah Aklimatisasi

Proses aklimatisasi dan *seeding* dilakukan secara bertahap selama 7 hari. Waktu ini merujuk pada penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan oleh Fatikasari, dkk. (2022) menyatakan bahwa proses aklimatisasi dilakukan selama 7 hari. Hari ke 1-3 proses aklimatisasi menggunakan air limbah budidaya ikan lele dengan konsentrasi 0%. Hari ke 4-6 proses aklimatisasi menggunakan air limbah budidaya ikan lele dengan konsentrasi 50%. Hari ke 7 proses aklimatisasi menggunakan air limbah budidaya ikan lele dengan konsentrasi 100%.

Dapat dilihat pada Gambar 9 dilakukan aklimatisasi awal dimana tanaman masih layu sebab baru perpindahan habitat. Kemudian dibandingkan dengan Gambar 10 setelah 7 hari perlakuan aklimatisasi dimana terjadinya pertumbuhan baik oleh lemna minor dan kangkung air yang segar kembali, dengan hal ini tanaman beradaptasi dengan baik dan siap untuk digunakan.

### 2.5.3 Running Pengolahan Air Limbah Budidaya Ikan Lele

*Running* pengolahan air limbah budidaya ikan lele dilakukan dengan memasukkan sampel air limbah budidaya ikan lele ke masing-masing reaktor sebanyak 20 liter secara *batch*. Kemudian setiap reaktor fitoremediasi ditambahkan tanaman sesuai dengan jenis tanaman uji yang telah melalui proses aklimatisasi.

Pengambilan sampel uji hasil dari fitoremediasi akan diambil sesuai dengan variasi waktu pengambilan sampel yang telah ditentukan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



**Gambar 11.** Running Pengolahan Fitoremediasi

### 2.5.4 Pengujian Sampel Air Limbah Budidaya Ikan Lele

Pengujian sampel air limbah budidaya ikan lele dilakukan dengan parameter pengujian yaitu *power of hydrogen* (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Fosfat ( $\text{PO}_4$ ), dan Amonia ( $\text{NH}_3$ ). Metode pengujian sampel air limbah budidaya ikan lele sesuai dengan parameter pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Metode pengujian sampel air limbah budidaya ikan lele

No.	Parameter	Satuan	Metode	Acuan Metode
1	<i>Power of Hydrogen</i> (pH)	°C	Instrumen	SNI 06-6989.11-2004
2	<i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	mg/L	Titrimetri	SNI 6989.72:2009
3	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	mg/L	Refluks Terbuka dan Titimetri	SNI 6989.73:2019
4	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.3:2019
5	Amonia ( $\text{NH}_3$ )	mg/L	Spektrofotometer secara fenat	SNI 6989.30:2005
6	Fosfat ( $\text{PO}_4$ )	mg/L	Spektrofotometer secara asam askorbat	SNI 06-6989.31-2005

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI)

***Biological Oxygen Demand (BOD)***. Metode pengujian BOD mengacu pada SNI 6989.72-2009 Tentang Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand /BOD*).



**Gambar 12.** Pengujian BOD

Metode ini menggunakan  $MnSO_4$  dan  $NaOH$  yang mengoksidasi zat organik pada contoh uji dalam botol winkler. Asam sulfat digunakan sebagai pengurai oksigen didalam air. Reagen yang tereduksi akan dihitung dengan titrasi larutan ( $Na_2S_2O_3$ ). Nilai BOD kemudian dapat didapatkan dari selisih hasil dari  $DO_0$  dan  $DO_5$  yang akan diuji sebelumnya. Adapun nilai konsentrasi BOD dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$BOD (ppm) = (DO_0 - DO_5) \times fp \quad (1)$$

Keterangan:

$DO_0$  = Nilai *Dissolved Oxygen* dalam pengujian pertama (mg/L)

$DO_5$  = Nilai *Dissolved Oxygen* dalam pengujian 5 hari (mg/L)

$fp$  = Faktor Pengenceran

**Chemical Oxygen Demand (COD).** Metode pengujian COD mengacu pada SNI 06-6989.15-2005 Tentang air dan air limbah – Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara titrimetri.



**Gambar 13.** Pengujian COD

Metode ini menggunakan asam sulfat dan kalium dikromat yang mengoksidasi zat organik pada contoh uji dalam refluks selama 2 jam. Perak sulfat digunakan sebagai katalisator untuk mempercepat laju reaksi oksidasi zat organik. Kalium dikromat yang tidak tereduksi akan dihitung dengan titrasi larutan *ferro ammonium sulfat* (FAS). Pengujian ini juga dilakukan terhadap air bebas mineral (*aquades*) sebagai blangko. Nilai COD kemudian dapat didapatkan dari selisih volume larutan

FAS yang digunakan contoh larutan contoh uji dengan blangko Adapun nilai konsentrasi COD dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$COD (mg/L) = \frac{(A-B)(N)(8000)}{V} \quad (2)$$

Keterangan:

- A = Volume larutan FAS untuk blangko (mL)
- B = Volume larutan FAS untuk larutan contoh uji (mL)
- N = Normalitas larutan FAS (N)
- V = Volume larutan contoh uji (mL)

**Total Suspended Solid (TSS).** Metode pengujian TSS mengacu pada SNI 6989.3:2019 Tentang air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solids/TSS*) secara gravimetri.



**Gambar 14.** Pengujian TSS

Metode ini memanfaatkan media penyaring dengan ukuran porositas 0,7  $\mu\text{m}$  hingga 1,5  $\mu\text{m}$  yang akan menahan padatan pada contoh uji. Residu yang tertahan kemudian dikeringkan hingga mencapai berat tetap. Kenaikan pada media penyaring inilah yang mewakili TSS. Adapun nilai konsentrasi TSS dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$TSS (mg/L) = \frac{(W_1 - W_0) \times 10^6}{V} \quad (3)$$

Keterangan:

- $W_0$  = Berat media penyaring awal (g)
- $W_1$  = Berat media penyaring akhir (g)
- V = Volume larutan contoh uji (mL)

**Amonia ( $\text{NH}_3$ ).** Metode pengujian Amonia mengacu pada SNI : 6989.30:2005 Tentang Air dan air limbah – Bagian 30: Cara uji amonia ( $\text{NH}_3$ ) dengan spektrofotometer secara fenat.



**Gambar 15.** Pengujian Amonia

Metode ini digunakan untuk penentuan kadar amonia dengan spektrofotometer secara fenat dalam contoh air dan air limbah pada kisaran kadar 0,1 mg/L sampai dengan 0,6 mg/L  $\text{NH}_3\text{-N}$  pada panjang gelombang 640 nm. Adapun nilai konsentrasi amonia dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Amonia (mg/L)} = C \times fp \quad (4)$$

Keterangan:

C = Kadar amonia yang didapatkan dari kurva kalibrasi (mg/L)

fp = Faktor pengenceran

**Fosfat ( $\text{PO}_4$ ).** Metode pengujian Amonia mengacu pada SNI : 06-6989.31-2005 Tentang Air dan air limbah – Bagian 31: Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat.



**Gambar 16.** Pengujian Fosfat

Metode ini dalam suasana asam, amonium molibdat dan kalium antimonil tartrat akan bereaksi dengan ortofosfat membentuk senyawa asam fosfomolibdat kemudian direduksi oleh asam askorbat menjadi kompleks biru molibden. Intensitas warna biru yang terjadi diukur dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Adapun nilai konsentrasi fosfat dapat dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$\text{Fosfat (mg/L)} = C \times fp \quad (5)$$

Keterangan:

C = Kadar fosfat yang didapatkan dari hasil pengukuran (mg/L)

fp = Faktor pengenceran

**Power of Hydrogen (pH).** Metode pengujian pH mengacu pada SNI 06-6989.11-2004 Tentang Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Metode ini memanfaatkan aktivitas ion hidrogen yang

diukur secara potensiometer atau elektrometer dengan menggunakan sensor pada pH meter. pH meter yang digunakan terlebih dahulu telah dikalibrasi. Nilai pH kemudian didapatkan berdasarkan hasil pembacaan yang tetap dari instrumen pH meter.



**Gambar 17.** Pengujian pH

## 2.6 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif sehingga dalam pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen yang bertujuan untuk menghasilkan data eksperimental. Adapun data yang diperoleh yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari pengujian parameter zat pencemar TSS, BOD, COD, fosfat, pH dan amonia. Sedangkan data sekunder merupakan data terkait studi literatur penelitian terdahulu dan juga terkait peraturan mengenai baku mutu air limbah.

## 2.7 Teknik Analisis

Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis sebagai berikut:

1. Tingkat penurunan kadar kontaminan dalam air limbah budidaya ikan lele menggunakan tanaman kangkung air dan lemna minor dianalisis menggunakan persamaan efisiensi yang kemudian dijelaskan secara deskriptif. Berikut merupakan persamaan efisiensi dapat dilihat pada persamaan 6.

$$\% \text{ Efisiensi Penurunan} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

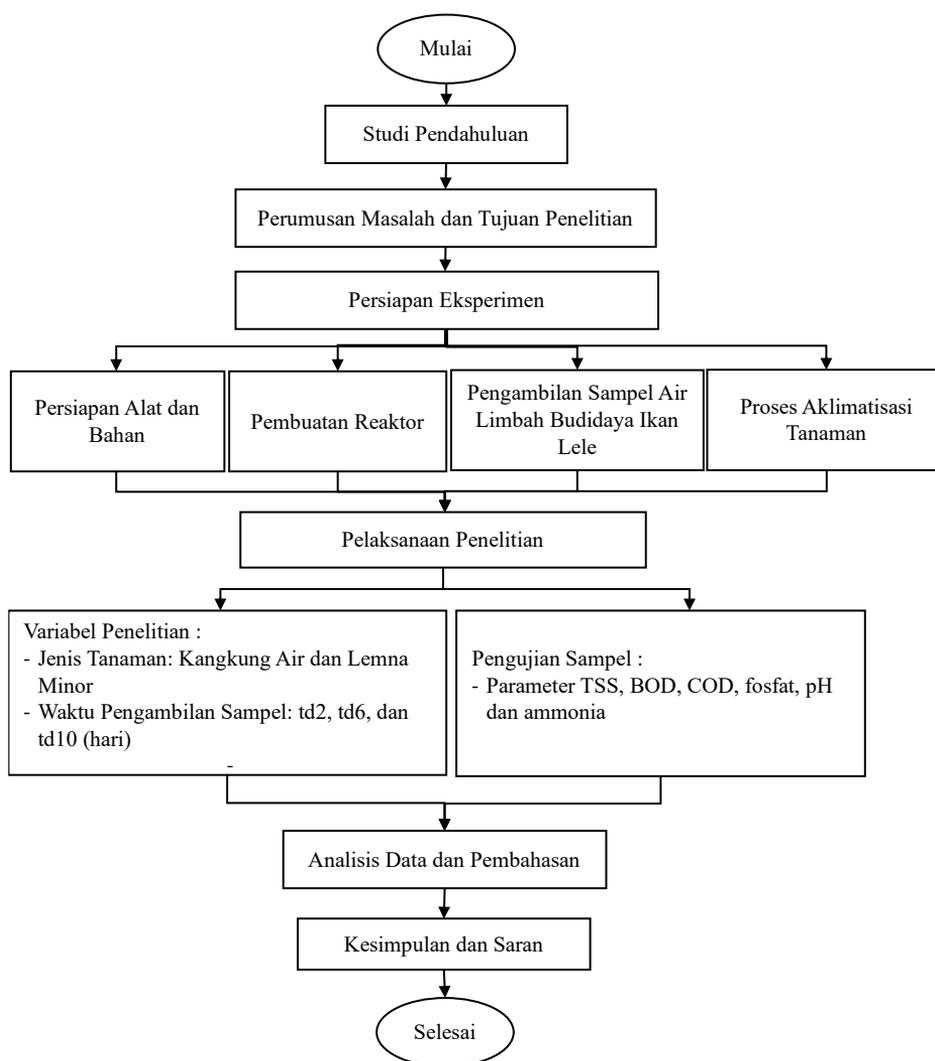
$C_0$  = Konsentrasi Awal (mg/l)

$C_1$  = Konsentrasi Akhir (mg/l)

2. Data hasil pengujian yang diperoleh dianalisis dengan metode analisis regresi berganda untuk pengaruh variasi jenis tanaman dan waktu tinggal menggunakan tanaman kangkung air dan lemna minor dalam menyisihkan zat pencemar dalam air limbah budidaya ikan lele dan data juga akan dibandingkan dengan baku mutu kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

## 2.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan suatu gambaran utama dalam penelitian yang digunakan sebagai dasar dalam bertindak dan bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan proses penelitian. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 18.



**Gambar 18.** Diagram Alir Penelitian