

**PERBANDINGAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK
MENGUNAKAN METODE BIOLOGI DAN FISIKA SEDERHANA**

(Skripsi)

**Oleh
Azril Refazah**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**PERBANDINGAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK
MENGUNAKAN METODE BIOLOGI DAN FISIKA SEDERHANA**

Oleh

Azril Refazah

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PERBANDINGAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK MENGUNAKAN METODE BIOLOGI DAN FISIKA SEDERHANA

Oleh

AZRIL REFANZAH

Air limbah domestik merupakan air bekas dari berbagai proses kegiatan rumah tangga seperti kegiatan mencuci. Air limbah domestik mengandung bahan pencemar atau polutan berupa senyawa organik dan anorganik. Tujuan utama penelitian ini adalah Menganalisis pengaruh penggunaan arang aktif dan arang sekam padi dengan metode fisika (filtrasi) dalam menurunkan polutan dan Menganalisis pengaruh penggunaan tanaman eceng gondok, tanaman kiambang, dan tanaman kangkung air dengan metode biologi (fitoremediasi) dalam menurunkan polutan. Penelitian ini dilaksanakan di Lab Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Hasil dari penelitian ini pada metode fisika berhasil menurunkan parameter TSS dengan nilai 6.04 mg/L. Pada metode biologi berhasil menurunkan parameter pH, suhu, TSS, dan NH₃ dengan nilai berturut pada perlakuan eceng gondok 6.23, 30 °C, 5.61 mg/L, 1.70 mg/L. Pada perlakuan Kiambang 7.48, 30.1°C, 16.25 mg/L, 2.01 mg/L, dan pada perlakuan Kangkung 7.70, 30.5 °C, 5.80 mg/L, 2.36 mg/L.

Kata Kunci: Limbah domestik, Kiambang, Eceng gondok, Kangkung, Arang aktif dan Arang sekam padi.

ABSTRACT

COMPARISON OF DOMESTIC LIQUID WASTE PROCESSING USING SIMPLE SBIOLGY AND PHYSICS METHODS

By

AZRIL REFANZAH

Domestic wastewater is used water from various household activities such as washing activities. Domestic wastewater contains contaminants or pollutants in the form of organic and inorganic compounds. The main objective of this research is to analyze the effect of using activated charcoal and rice husk charcoal using physical methods (filtration) in reducing pollutants and to analyze the effect of using water hyacinth plants, kiambang plants, and Water spinach plants using biological methods (phytoremediation) to reduce pollutants. This research was carried out at the Water and Land Resources Engineering Lab (RSDAL) Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The results of this research using physical methods succeeded in reducing the TSS parameter with a value of 6.04 mg/L. The biological method succeeded in reducing the parameters pH, temperature, TSS, and NH₃ with successive values in the water hyacinth treatment of 6.23, 30 °C, 5.61 mg/L, 1.70 mg/L. In the Kiambang treatment 7.48, 30.1°C, 16.25 mg/L, 2.01 mg/L, and in the Kangkung treatment 7.70, 30.5 °C, 5.80 mg/L, 2.36 mg/L.

Keywords: *Domestic waste, Kiambang, water hyacinth, water spinach, activated charcoal and rice husk charcoal.*

Judul Skripsi :

PERBANDINGAN PENGOLAHAN LIMBAH
DOMESTIK MENGGUNAKAN METODE
BIOLOGI DAN FISIKA SEDERHANA

Nama Mahasiswa :

Azril Refanzah

Nomor Pokok Mahasiswa :

2014071018

Program Studi :

Teknik Pertanian

Fakultas :

Pertanian



1. Komisi Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Mareli".

Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.
NIP 198803252015041001

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Elhamida".

Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.
NIP 231804900214201

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

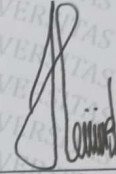
A handwritten signature in black ink, appearing to be "Warji".

Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM
NIP 197801022003121001

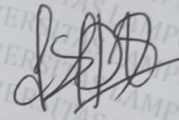
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

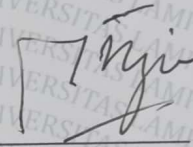
Ketua : Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.



Anggota : Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswana Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 November 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Azril Refanzah NPM 2014071018. Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. dan 2) Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si. Berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggung jawabkannya.

Bandar Lampung, 11 -12-2024

Yang membuat pernyataan,



(Azril Refanzah)

NPM 201407101

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Way Kanan, Lampung pada tanggal 05 September 2001, sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh sekolah dasar di SD Negeri 3 Argomulyo pada tahun 2008 sampai tahun 2014. Penulis menempuh sekolah menengah pertama di MTs GUPPI Banjit pada tahun 2014 sampai tahun 2017. Penulis melanjutkan sekolah menengah atas di MAN 1 Bandar Lampung pada tahun 2017-2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Berasama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah menjadi asisten dosen dalam mata kuliah kimia Dasar dan Survey dan Pemetaan. Penulis juga aktif mengikuti organisasi tingkat jurusan dan universitas, yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada tahun 2021-2023, Birohma pada tahun 2021-2022, dan Dewan Perwakilan Mahasiswa Universitas (DPMU) pada tahun 2023-2024 . Pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pemerihan, Kecamatan Krui Selatan, Kabupaten Pesisir Barat selama 36 hari mulai tanggal 6 Januari s.d. 10 Februari 2023. Pada Juli hingga Agustus 2023 Penulis melaksanakan Praktik Umum di Great Giant Food (GGF) Terbanggi, Lampung Tengah.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT Penulis haturkan, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Perbandingan Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Metode Biologi dan Fisika Sederhana”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Dalam menyusun skripsi ini Penulis telah melewati banyak rintangan dan tantangan, suka maupun duka serta pembelajaran yang didapat. Berkat ketulusan doa, semangat, motivasi, bantuan, dan dukungan dari orang tua serta berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Dengan kerendahan hati dan rasa hormat Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Ibu Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si., selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing kedua yang telah memberikan masukan, dukungan, dan bimbingannya dalam penelitian serta perbaikan skripsi ini;
4. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc., selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam proses penelitian hingga penyelesaian skripsi ini;

5. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku pembahas yang memberikan dukungan, motivasi, saran, dan bimbingan dalam proses penelitian hingga penyelesaian skripsi ini;
6. Ibu, bapak, dan adik serta seluruh keluarga atas cinta yang begitu luas, dukungan, dan doanya yang tidak pernah terputus;
7. Terimakasih kepada pemilik NPM 2054131011 yang telah menemani dan mensupport penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-temanku, Aura, Kurnia, Deffi, Ridho, Rendi, Adam, Iqbal, Asef, Nazam, Galih, Ardi, dan Hasan yang telah kebersamai, memberikan bantuan, canda, dan tawa;
9. Keluarga besar TEP angkatan 2020 atas semangat dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna, oleh sebab itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Desember 2024

Penulis,

Azril Refanzah

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR	i
I. PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair.....	5
2.2 Sumber Air Limbah	5
2.2.2 Air Limbah Industri	6
2.2.3 Air Limbah Rembesan dan Tambahan	6
2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik	7
2.3.1 Karakteristik Fisik.....	7
2.3.2 Karakteristik Kimia.....	8
2.3.3 Karakteristik Biologi.....	11
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	12
2.5 Cara Pengolahan Air Limbah	12
2.5.1. Fisika.....	12
2.5.2. Kimia	13
2.5.3. Biologi	13

2.6 Media Filtrasi.....	13
2.6.1. Arang.....	14
2.6.2. Arang sekam	14
2.7 Media tanaman	15
2.7.1. Eceng gondok (<i>Pontederia Crassipes</i>)	15
2.7.2. Kiambang (<i>Pistia Stratiotes</i>)	16
2.7.3. Kangkung air (<i>Ipomea Aquatica</i>)	16
2.8 Penelitian Terkait.....	17
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Waktu dan Tempat	20
3.2. Alat dan Bahan	20
3.3. Metode Penelitian.....	21
3.4. Prosedur Penelitian.....	21
3.5. Metode Experime	23
3.5.1 Metode Fisika	23
3.5.2 Metode Biologi	24
3.6 Variabel Penelitian.....	24
3.6.1 Variabel Bebas	24
3.6.2 Variabel Terikat.....	25
3.6.3 Variabel Kontrol.....	27
3.7 Analisis Data.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Kondisi Awal Sampel Air Limbah.....	28
4.2 Analisis Hasil Parameter Air Limbah	29
4.2.1 pH.....	30
4.2.2 Suhu	33
4.2.3 <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	37
4.2.4 EC	40
4.2.5 Tinggi Air.....	44
4.2.6 Massa Tanaman.....	46
4.3 Parameter Awal dan Akhir.....	47
4.3.1 Metode Biologi	47
4.3.2 Metode Fisika	51

4.3.3 Loading rate	54
4.3.4 Hasil Akhir	55
V. KESIMPULAN	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik Lampung Kategori I No 11 Tahun 2012	12
Tabel 2. Alat yang Digunakan.....	20
Tabel 3. Baku Mutu Air Limbah Domestik Lampung Kategori I No 11 Tahun 2012	25
Tabel 4. Hasil Analisis Sampel Awal Air Limbah.....	29
Tabel 5. Nilai Parameter Awal dan Akhir Metode Biologi.....	47
Tabel 6. Nilai Parameter Awal dan Akhir Metode Fisika.....	51
Tabel 7. pH Harian Metode Biologi.....	63
Tabel 8. Suhu Harian Metode Biologi.....	64
Tabel 9. EC Harian Metode Biologi.....	65
Tabel 10. TDS Harian Metode Biologi.....	66
Tabel 11. Tinggi Air Metode Biologi.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Arang Aktif.....	14
Gambar 2. Arang Sekam Padi	15
Gambar 3. Eceng Gondok.....	16
Gambar 4. Tanaman Kiambang.....	16
Gambar 5. Tanaman Kangkung Air.....	16
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 7. Rancangan Metode Fisika	23
Gambar 8. Rancangan Metode Biologi.....	24
Gambar 9. Sampel Awal Air Limbah	28
Gambar 10. Perbandingan Nilai pH Metode Biologi.....	30
Gambar 11. Perbandingan Nilai pH Metode Fisika	31
Gambar 12. Perbandingan pH Metode Biologi dan Fisika	33
Gambar 13. Perbandingan Nilai Suhu Metode Biologi	34
Gambar 14. Perbandingan Nilai Suhu Metode Fisika.....	34
Gambar 15. Perbandingan Suhu Metode Biologi dan Fisika.....	36
Gambar 16. Perbandingan Nilai TDS Metode Biologi	37
Gambar 17. Perbandingan Nilai TDS Metode Fisika	37
Gambar 18. Perbandingan TDS Metode Biologi dan Fisika.....	40
Gambar 19. Perbandingan Nilai EC Metode Biologi.....	41
Gambar 20. Perbandingan Nilai EC Metode Fisika.....	41
Gambar 21. Perbandingan EC Metode Biologi dan Fisika.....	44
Gambar 22. Grafik Perbandingan Nilai Tinggi Air Metode Biologi.....	45
Gambar 23. Massa Tanaman	46
Gambar 24. Tanaman Kiambang Awal.....	68

Gambar 25. Tanaman Kiambang Akhir.....	68
Gambar 26. Tanaman Kangkung Awal.....	68
Gambar 27. Tanaman Kangkung Akhir.....	68
Gambar 28. Tanaman Eceng Gondok Awal	68
Gambar 29. Tanaman Eceng Gondok Akhir	68
Gambar 30. Kondisi Awal Tanaman Kiambang.....	69
Gambar 31. Kondisi Akhir Tanaman Kiambang.....	69
Gambar 32. Kondisi Awal Tanaman Kangkung.....	69
Gambar 33. kondisi Akhir Tanaman Kangkung.....	69
Gambar 34. Kondisi Awal Tanaman Eceng Gondok.....	69
Gambar 35. Kondisi Akhir Tanaman Eceng Gondok.....	69
Gambar 36. Kondisi Akhir Akar Tanaman Kiambang	70
Gambar 37. Kondisi Akhir Akar Tanaman Kangkung	70
Gambar 38. Kondisi Akhir Akar Tanaman Eceng Gondok.....	70
Gambar 39. Kondisi Tanaman Hari ke- 8	71
Gambar 40. Kondisi Tanaman Hari ke- 15	71
Gambar 41. Kondisi Tanaman Hari ke- 23	71
Gambar 42. Kondisi Tanaman Hari ke- 31	71
Gambar 43. Pengukuran pH Tanaman Kiambang Hari ke- 19	72
Gambar 44. Pengukuran pH Tanaman Kangkung Hari ke- 19	72
Gambar 45. Pengukuran pH Tanaman Eceng Gondok Hari ke- 19	72
Gambar 46. Pengukuran TDS Tanaman Kiambang Hari ke- 19.....	73
Gambar 47. Pengukuran TDS Tanaman Kangkung Hari ke- 19.....	73
Gambar 48. Pengukuran TDS Tanaman Eceng Gondok Hari ke- 19.....	73
Gambar 49. Pengukuran EC Tanaman Kiambang Hari ke- 19	74
Gambar 50. Pengukuran EC Tanaman Kangkung Hari ke- 19	74
Gambar 51. Pengukuran EC Tanaman Eceng Gondok Hari ke- 19	74
Gambar 52. Pengukuran Tinggi Air Tanaman Kiambang Hari ke- 19.....	75
Gambar 53. Pengukuran Tinggi Air Tanaman Kangkung Hari ke- 19.....	75
Gambar 54. Pengukuran Tinggi Air Tanaman Eceng Gondok Hari ke- 19.....	75
Gambar 55. Kondisi Awal Air Limbah.....	76
Gambar 56. Kondisi Akhir Air Limbah dengan Metode Fisika	76

Gambar 57. Kondisi Akhir Air Limbah dengan Metode Biologi.....	76
Gambar 58. Proses Filtrasi dengan Metode Fisika.....	77
Gambar 59. Pengukuran Akhir pH dengan Metode Fisika	77
Gambar 60. Hasil Lab Awal	78
Gambar 61. Hasil Lab Akhir dengan Metode Fisika.....	79
Gambar 62. Hasil Lab Akhir Metode Biologi Tanaman Kiambang.....	80
Gambar 63. Hasil Lab Akhir Metode Biologi Tanaman Kangkung.....	81
Gambar 64. Hasil Lab Akhir Metode Biologi Tanaman Eceng gondok	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, hampir setiap kegiatan makhluk hidup melibatkan air didalamnya. Ketersediaan dari sumber air yang setiap saat kita gunakan untuk pemenuhan kebutuhan hidup selalu mengalami penurunan baik itu berupa penurunan kualitas maupun kuantitas (Putra & Mairizki, 2020). Sekitar 71 % dari total permukaan bumi tertutupi oleh air yang terus bergerak mengikuti suatu siklus yang disebut siklus air, siklus tersebut berlangsung melalui proses penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah menuju lautan (Nainggolan dkk, 2019). Penurunan kualitas dan kuantitas air disebabkan terkontaminasi oleh bahan pencemar atau polutan berupa senyawa organik dan anorganik yang terlarut didalamnya sehingga menyebabkan kualitas air menurun bahkan berbahaya bagi kesehatan untuk digunakan. Air yang telah terkontaminasi oleh bahan pencemar atau polutan berupa senyawa organik dan anorganik yang terlarut disebut dengan air limbah.

Air limbah merupakan air bekas dari berbagai proses penggunaan yang telah mengandung bahan pencemar atau polutan berupa senyawa organik dan anorganik. Pada umumnya, air limbah atau limbah cair memiliki kuantitas yang lebih besar dibandingkan limbah jenis lainnya dan memiliki tipikal kandungan polutan yang lebih beragam, antara lain; minyak, alkohol, fenol, pewarna sintetis, dan logam berat. Standar kualitas air layak pakai yang diharapkan biasanya memiliki karakteristik yang bervariasi dan disesuaikan dengan peruntukannya, antara lain untuk keperluan air minum, air irigasi, atau air proses yang dimanfaatkan untuk kebutuhan proses industri tertentu. Namun, secara umum dapat disimpulkan bahwa air yang diperlukan tersebut harus memenuhi berbagai kriteria, antara lain tidak mengandung

polutan yang membahayakan atau setidaknya mengandung polutan yang tidak diinginkan dengan nilai ambang batas seminimal mungkin sesuai dengan nilai baku mutu yang diamanatkan dalam peraturan pemerintah atau institusi terkait lainnya (Martini dkk, 2020). Air limbah dapat dibedakan menjadi beberapa golongan berdasarkan asal limbahnya yaitu limbah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah industri. Dari ketiga sumber tersebut limbah rumah tangga merupakan penghasil limbah cair terbesar dinegara ini (Kuratul dkk, 2012).

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga dan pemukiman penduduk. Air limbah ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu air limbah kakus yang umum disebut *black water* dan air limbah dari mandi-cuci yang disebut *grey water*. *Black water* oleh sebagian penduduk dibuang melalui septic tank, namun sebagian dibuang langsung ke sungai, sedangkan *gray water* hampir seluruhnya dibuang ke sungai- sungai melalui saluran (Abdurrahman, 2019). Buangan rumah tangga, baik berupa air cucian kamar mandi serta buangan tinja yang dibuang ke badan air akan mempengaruhi kondisi badan air tersebut. Semakin padat penduduk yang berada di suatu permukiman akan semakin banyak limbah yang dikendalikan (Nababan dkk, 2019). Umumnya air limbah domestik mengandung bahan pencemar seperti BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS, total coliform, amoniak, minyak dan lemak yang kadarnya telah melewati baku mutu air limbah domestik. Sumber pencemar seperti ini jika tidak dikelola sebagaimana mestinya akan membahayakan kesehatan lingkungan sekitar. Maka dari itu perlu dilakukan alternatif dalam menangani limbah cair ini (Ratnawati & Kholif, 2018).

Salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dalam air limbah domestik dapat dilakukan dengan metode fisika dan metode biologi. Metode fisika yaitu dilakukan dengan sistem filtrasi. Mekanisme pada sistem filtrasi dilakukan dengan membuat saringan filter dengan bentuk bersusun sejajar secara vertikal. Pada setiap tingkatan filter menggunakan bahan yang berbeda yaitu pada tingkatan pertama arang aktif dan kedua arang sekam padi. Pada metode biologi dilakukan dengan sistem fitoremediasi. Sistem fitoremediasi dilakukan dengan mengendapkan air pada bak penampung sebanyak tiga buah kemudian pada bak pertama diberi tanaman eceng gondok, bak kedua tanaman kiambang, dan bak yang

ketiga tanaman kangkung air, kemudian diamkan dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana efisiensi metode fisika menggunakan bahan arang aktif dan arang sekam dalam menurunkan polutan pada air limbah domestik?
2. Bagaimana efisiensi metode biologi menggunakan tanaman eceng gondok, kiambang, dan kangkung air dalam menurunkan polutan pada air limbah domestik?
3. Bagaimana perbandingan dari kedua metode tersebut dalam menurunkan polutan pada air limbah domestik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan arang aktif dan arang sekam padi dengan metode fisika (filtrasi) dalam menurunkan polutan berdasarkan parameter standar baku mutu air limbah domestik Lampung diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kategori I.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan tanaman eceng gondok, tanaman kiambang, dan tanaman kangkung air dengan metode biologi (fitoremediasi) dalam menurunkan polutan berdasarkan parameter standar baku mutu air limbah domestik Lampung diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kategori I.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini yaitu adanya perbedaan dalam tingkat keberhasilan penurunan kandungan polutan pada kedua metode tersebut dengan menggunakan bahan yang berbeda yaitu benda mati dan makhluk hidup.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penggunaan dua metode fisika dan biologi dengan menggunakan bahan yang ada disekitar lingkungan dalam menurunkan kadar polutan pada limbah cair domestik.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Pengujian hanya menggunakan air limbah domestik.
2. Dari hasil uji analisis sampel air limbah disesuaikan dengan standar baku mutu air limbah domestik Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kategori I.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah adalah bahan sisa tidak terpakai dari proses produksi yang sudah tidak terpakai lagi. Sebagian besar limbah dari hasil kegiatan atau produksi sudah tidak memiliki nilai jual dan daya guna, sehingga hanya terbengkalai dan jika dibiarkan dalam jangka waktu lama dapat berdampak kepada lingkungan akibat dari zat yang terdapat di dalam limbah tersebut. Salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan yaitu Limbah cair (Shoimah, 2018).

Limbah cair adalah air sisa yang telah dipergunakan dalam kegiatan industri, domestik, dan non domestik. Limbah cair di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga hanya terbuang saja dan tidak terpakai. Salah satu penghasil limbah cair yang paling banyak di negara ini adalah limbah cair dari hasil kegiatan rumah tangga. Besarnya volume penghasil limbah cair domestik dikarenakan jumlah penduduk di Indonesia yang sangat besar (wirawan dkk, 2018). Berbagai macam cara telah dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran limbah domestik namun mengalami beberapa kendala salah satunya adalah mahalnya alat atau instalasi pengolahan limbah sehingga sulit dijangkau masyarakat. Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dari rumah tangga atau pemukiman penduduk yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (Sugiharto, 2008).

2.2 Sumber Air Limbah

Sumber air limbah dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

limbah yang berasal dari permukiman penduduk. Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, non-organik, dan bakteri yang sangat potensial untuk

perumahan dan daerah perdagangan. Secara umum air limbah rumah tangga dapat dikelompokkan dalam dua jenis yaitu *black water* dan *grey water*. Air limbah *black water* berasal dari buangan toilet sebanyak 20% dari total air limbah, sedangkan air limbah *grey water* berasal dari buangan dapur, kamar mandi dan tempat cuci sebanyak 80% dari total air limbah (Faris Abdurrahman, 2019).

Grey water merupakan limbah yang berasal dari dapur, air bekas cuci pakaian dan air mandi yang banyak mengandung unsur minyak dan lemak. Sedangkan *black water* adalah air limbah yang berasal dari air sisa kakus manusia yang berbentuk tinja atau cairan lain, air ini lebih banyak mengandung kadar organik dan suspensi yang tinggi. Air limbah domestik umumnya terdiri dari limbah yang sebagian berbentuk larutan dan sebagian lagi merupakan larutan suspensi. Serta air limbah juga mengandung zat organik yang berguna bagi mikroorganisme saprobytic, yaitu organisme pembusuk (Ratnawati & Kholif, 2018).

2.2.1 Air Limbah Industri

Air limbah industri merupakan limbah yang berasal dari daerah bukan pemukiman seperti pabrik, rumah sakit, pertanian, dan lain sebagainya. Air limbah yang dihasilkan oleh industri dapat berasal dari proses produksi maupun dari proses lainnya. Sehingga, jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri. Zat-zat yang terkandung di dalamnya juga sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri, seperti nitrogen, sulfida, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut, dan sebagainya. Limbah tapioka memiliki TS dan TFS yang tinggi (1672 mg/L dan 1496 mg/L) dan limbah budidaya ikan lele memiliki nilai TSS dan N-Ammonium paling tinggi (372 mg/L dan 10,79 mg/L) (Agustin dkk, 2017).

2.2.2 Air Limbah Rembesan dan Tambahan

Ketika hujan turun di suatu daerah, maka air turun secara cepat dan mengalir masuk ke dalam saluran air hujan. Apabila saluran air hujan tidak mampu menampungnya, maka limpahan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah yang menjadi tambahan yang sangat besar. Selain air masuk melalui limpahan, maka terdapat air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan ada pula yang merembes ke

dalam tanah. Air yang merembes ini akan masuk ke dalam tanah yang akhirnya menjadi air tanah. Apabila permukaan air tanah bertemu dengan saluran air limbah, maka bukanlah tidak mungkin terjadi penyusupan air tanah tersebut ke saluran air limbah melalui sambungan-sambungan pipa atau melalui celah- celah yang ada karena rusaknya pipa saluran (Gultom, 2017).

2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Berdasarkan sumbernya air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap waktu. Akan tetapi, secara garis besar air limbah terdiri atas air dan padatan, dimana padatan terdiri dari zat organik yang berupa karbohidrat, lemak, dan protein serta zat anorganik yang berupa garam-garam, logam-logam, dan butiran. Air limbah dari segi karakteristiknya biasanya terdiri dari air limbah industri dan air limbah domestik. Secara umum menurut Puji dan Rahmi (2010) sifat air limbah domestik terbagi atas tiga karakteristik, yaitu karakteristik fisik, kimia, dan biologi.

2.3.1 Karakteristik Fisik

Tingkat pencemaran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya karakteristik fisik yang mudah terlihat. Adapun karakteristik fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika, kejernihan, temperatur, serta bau dan warna.

1) Padatan (*Solid*)

Air limbah mengandung berbagai macam zat padat dari material organik maupun anorganik yang kasar sampai dengan material yang bersifat koloidal. Padatan dapat mempengaruhi kualitas limbah dengan berbagai cara.

2) Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan kedalam air. Kekeruhan terjadi karena adanya zat-zat koloid yang melayang dan zat-zat yang terurai menjadi ukuran yang lebih (tersuspensi) oleh binatang, zat-zat organik, jasad renik, lumpur, tanah, dan benda-benda lain yang melayang. Tidak dapat dihubungkan secara langsung antara kekeruhan dengan kadar semua jenis zat suspensi, karena tergantung juga kepada ukuran dan bentuk butir.

3) Bau (*Odor*)

Bau merupakan petunjuk adanya pembusukan air limbah. Penyebab adanya bau pada air limbah karena adanya bahan volatile, gas terlarut dan hasil samping dari pembusukan bahan organik. Bau yang dihasilkan oleh air limbah pada umumnya berupa gas yang dihasilkan dari penguraian zat organik yang terkandung dalam air limbah, seperti Hidrogen sulfida (H_2S).

4) Warna (*Color*)

Air murni tidak berwarna tetapi seringkali diwarnai oleh benda asing. Karakteristik yang sangat mencolok pada limbah cair adalah berwarna yang umumnya disebabkan oleh zat organik dan algae. Air limbah yang baru biasanya berwarna abu-abu.

5) Temperatur

Limbah cair umumnya mempunyai temperatur lebih tinggi dari pada temperatur udara setempat. Temperatur limbah cair dan air merupakan parameter sangat penting sebab efeknya pada kehidupan dalam air, meningkatkan reaksi kima, dan mengurangnya spesies ikan dalam air.

2.3.2 Karakteristik Kimia

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Pada umumnya karakteristik kimia yang penting di dalam air buangan diantaranya adalah bahan organik yang terdiri dari protein, karbohidrat, minyak lemak, volatile organic compound dan pestisida. Sedangkan pengukurannya dilakukan dalam bentuk BOD dan COD. Kemudian bahan kimia organik yang terdiri dari logam berat, gas, DO, hidrogen sulfide dan metan.

1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri (aerobik) untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir

semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Parameter BOD adalah parameter yang paling banyak digunakan dalam pengujian air limbah dan air permukaan. Penentuan ini melibatkan pengukuran oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik.

2) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Analisis COD adalah menentukan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

3) Protein

Protein merupakan bagian yang penting dari makhluk hidup, termasuk di dalamnya tanaman, dan hewan bersel satu. Protein mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen yang mempunyai bobot molekul sangat tinggi. Struktur kimianya sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai, sebagian ada yang larut dalam air, tetapi ada yang tidak. Susunan protein sangat majemuk dan terdiri dari beribu ribu asam amino dan merupakan bahan pembentuk sel dan inti sel.

4) Karbohidrat

Karbohidrat antara lain gula, pati, selulosa dan benang-benang kayu terdiri dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Gula dalam limbah cair cenderung terdekomposisi oleh enzim dari bakteri-bakteri tertentu dan ragi menghasilkan alkohol dan gas CO₂ melalui proses fermentasi.

5) Minyak dan Lemak

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri.

6) Deterjen

Deterjen termasuk bahan organik yang sangat banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, hotel, dan rumah sakit. Fungsi utama deterjen adalah sebagai pembersih dalam pencucian, sehingga tanah, lemak dan lainnya dapat dipisahkan.

7) pH

Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air limbah adalah netral. Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam.

8) Alkalinitas

Alkalinitas atau kebasaan air limbah disebabkan oleh adanya hidroksida, karbonat dan bikarbonat seperti kalsium, magnesium, dan natrium atau kalium. Kebasaan adalah hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potasium atau amoniak. Dalam hal ini, yang paling utama adalah kalsium dan magnesium nikarbonat. Pada umumnya air limbah adalah basa yang diterima dari penyediaan air, air tanah, dan bahan tambahan selama dipergunakan dirumah.

9) Logam

Menentukan jumlah kandungan logam pada air limbah seperti nikel (Ni), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), Zeng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) sangat penting dikarenakan jika berlebihan maka akan bersifat racun. Akan tetapi, beberapa jenis logam biasanya dipergunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya pada pertumbuhan algae apabila tidak ada logam pertumbuhannya akan terhambat.

10) Gas

Banyak gas-gas terdapat didalam air, oksigen (O_2) adalah gas yang penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan untuk pernafasan mikroorganisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada pada ambang yang rendah, maka bau-bauan akan dihasilkan sebab unsur karbon berubah menjadi metan termasuk CO_2 dan sulfur. Belerang akan menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadi nitrit.

11) Nitrogen

Unsur nitrogen merupakan bagian yang penting untuk keperluan pertumbuhan protista dan tanaman. Nitrogen ini dikenal sebagai unsur hara atau makanan dan perangsang pertumbuhan. Nitrogen dalam limbah cair terutama merupakan gabungan dari bahan-bahan berprotein dan urea. Oleh bakteri, nitrogen ini diuraikan secara cepat dan diubah menjadi ammonia, sehingga umur dari air buangan secara relatif dapat ditunjukkan dari jumlah ammonia yang ada.

12) Phospor

Unsur phospor (P) dalam air seperti juga elemen nitrogen, merupakan unsur penting untuk pertumbuhan protista dan tanaman, yang dikenal pula sebagai nutrient dan perangsang pertumbuhan. Phospor merupakan komponen yang menyuburkan algae dan organisme biologi lainnya, sehingga dapat dijadikan tolak ukur kualitas perairan.

2.3.3 Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi pada air limbah merupakan hal yang penting untuk diketahui karena digunakan untuk mengontrol potensi terjadinya penyakit-penyakit bagi kehidupan manusia yang ditimbulkan oleh organisme patogen. Selain itu, reaksi-reaksi dalam air limbah seperti dekomposisi juga banyak melibatkan bakteri dan mikroorganisme lainnya. Organisme patogen yang ditemukan dalam air limbah dapat bersumber dari manusia ataupun hewan yang terinfeksi oleh penyakit tertentu, atau yang menjadi pembawa (*carier*) untuk infeksi penyakit tertentu. Organisme patogen yang ditemukan dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 4 kategori, antara lain ialah bakteri, protozoa, helmints, dan virus.

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme terpenting dalam sistem penanganan limbah. Bakteri ada yang bersifat patogen sehingga merugikan dan ada yang bersifat non-patogen. Bakteri patogen bermacam-macam bentuk dan jenisnya sehingga sulit dideteksi. Bakteri yang paling berbahaya adalah bakteri E- coli dan Streptococci. Bakteri E- coli berasal dari usus manusia dan makhluk hidup lain (ayam, sapi, itik, babi). Selain itu pada air limbah juga ditemukan ganggang (fitoplankton) yang hidup dengan memanfaatkan nutrien serta jamur yang bermanfaat dalam menguraikan senyawa karbon.

2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Untuk standar baku mutu air limbah domestik Lampung diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada penelitian ini parameter menggunakan kategori I.

Kategori I: Air limbah domestik yang dibuang ke badan air penerima, seperti sungai, danau, dan laut.

Kategori II: Air limbah domestik yang dibuang ke tanah, seperti air limbah dari septic tank.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik Lampung Kategori I No 11 Tahun 2012

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	6.5 – 8.5
Suhu	C	25 - 35
BOD	Mg/L	30
COD	Mg/L	150
TSS	Mg/L	100
NH3-N	Mg/L	10

2.5 Cara Pengolahan Air Limbah

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi.

2.5.1 Fisika

Pengolahan air limbah dengan proses fisika menggunakan proses fisik untuk memisahkan kontaminan dari air, seperti penyaringan, pengendapan, dan sentrifugasi. dengan memanfaatkan benda-benda yang tersedia baik alami atau buatan. Setiap bahan alami atau buatan memiliki bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menurunkan atau menetralsir bahan pencemar yang ada dalam air limbah.

2.5.2. Kimia

Pengolahan air limbah dengan proses kimia yaitu dengan memanfaatkan bahan kimia yang berguna untuk menetralkan atau menghilangkan kontaminan yang terkandung dalam air limbah. Dalam proses kimia umumnya selalu terjadi reaksi kimia dimana bahan pencemar dan bahan penetral bereaksi sempurna untuk berubah menjadi senyawa baru yang tidak berbahaya bagi tubuh.

2.5.3. Biologi

Pengolahan air limbah dengan proses biologi yaitu dengan menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan kontaminan organik. Sebagian mikroorganisme yang ada dalam air memiliki kemampuan mengurai bahan polutan yang berpotensi mencemari air.

2.6 Media Filtrasi

Filtrasi merupakan suatu proses pengolahan air dengan cara mengalirkan air baku melewati suatu filter dengan media dari bahan-bahan butiran dengan diameter butir tertentu dan disusun dengan ketebalan tertentu. Proses filtrasi merupakan suatu metode pemisahan partikel padatan tersuspensi dalam sebuah campuran tertentu dengan melewatkan campuran tersebut pada suatu medium filter yang memiliki pori-pori dengan ukuran tertentu. Proses pemisahan dengan filtrasi dapat dilakukan karena memiliki *driving force* yaitu perbedaan tekanan antara tekanan di dalam tangki dengan tekanan ruangan. Perbedaan tekanan ini akan mendorong campuran tersebut melewati lapisan medium filter sehingga padatannya akan tertahan pada medium filter (Kurat, 2011).

Dalam pemilihan bahan penjernih air juga menentukan baik atau tidaknya hasil penjernihan air yang akan digunakan. Bahan penjernih air dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan alam dan bahan buatan. Bahan alami yang bisa digunakan untuk proses penjernihan air antara lain; arang/karbon aktif dan arang sekam padi. Adapun fungsi dari setiap bahan tersebut adalah sebagai berikut (Vegatama et al., 2020).

2.6.1. Arang

Karbon aktif/arang merupakan jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air. Proses pembentukan yang terjadi pada arang atau karbon aktif mengakibatkan karbon aktif tersebut memiliki daya serap atau absorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Karbon aktif sering digunakan sebagai penyerap dan penjernih air. Karbon aktif atau arang aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan maupun gas (Vegatama et al., 2020).

Kegunaan karbon aktif atau arang pada proses penyaringan dikarenakan adanya kandungan zat karbon aktif yang dapat bekerja dengan cara penyerapan atau absorpsi. Artinya, ketika ada bahan atau benda yang melalui karbon aktif tersebut, maka material yang terkandung di dalamnya akan diserap. Dalam proses filter air, arang atau karbon aktif akan menyaring bau, menjernihkan dan menyaring logam yang terkandung dalam air. Adapun fungsi lain dari arang atau karbon aktif yaitu sebagai penyerap klorin, menciptakan rasa segar pada air, menyerap garam, mineral, dan senyawa organik (Vegatama dkk., 2020). Selain itu, arang juga dimanfaatkan untuk mempercepat penguraian bahan organik secara anaerob dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme (Haryanto dkk, 2023).



Gambar 1. Arang Aktif

2.6.2 Arang sekam

Sekam padi mengandung beberapa unsur kimia yaitu kadar air (9,02%), protein kasar (3,03%), lemak (1,18%), serat kasar (35,68%), abu (17,17%), karbohidrat (33,71%), karbon (zat arang) 1,33%, hidrogen 1,54%, oksigen 33,64%, dan silika 16,98%. Daya

serap ditentukan oleh luas permukaan partikel. Kemampuan arang dapat menjadi lebih tinggi jika dilakukan aktivasi terhadap arang tersebut dengan bahan-bahan kimia atau dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif (Jasman, 2011).



Gambar 2. Arang Sekam Padi

2.7 Media Tanaman

Tanaman untuk sanitasi air adalah tanaman yang dapat digunakan untuk membersihkan air dari kontaminan. Tanaman ini dapat menyerap kontaminan dari air, menetralkannya, atau mengubahnya menjadi bentuk yang tidak berbahaya. Ada banyak jenis tanaman yang dapat digunakan untuk sanitasi air. Tanaman untuk sanitasi air merupakan teknologi yang berkelanjutan dan hemat biaya untuk membersihkan air. Tanaman ini tidak memerlukan bahan kimia atau energi, dan dapat digunakan untuk membersihkan air. Tanaman untuk sanitasi air dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, pengolahan air minum, remediasi air, dan penjernihan air. Beberapa tanaman yang paling umum digunakan adalah eceng gondok, kiambang, dan kangkung air.

2.7.1. Eceng Gondok (*Pontederia Crassipes*)

Eceng gondok adalah tanaman air yang dapat tumbuh dengan cepat. Eceng gondok dapat menyerap kontaminan dari air, termasuk logam berat, pestisida, dan bakteri.



Gambar 3. Eceng Gondok

2.7.2 Kiambang (*Pistia Stratiotes*)

Kiambang merupakan tanaman remediator yang sangat baik dalam meremediasi limbah organik maupun anorganik karena memiliki sifat hiperakumulator yang tinggi dan pertumbuhan yang sangat cepat. Selain sebagai fitoremediator limbah organik tanaman kiambang juga dapat digunakan sebagai fitoremediator limbah anorganik karena kiambang memiliki sifat absorpsi yang tinggi.



Gambar 4. Tanaman Kiambang

2.7.3 Kangkung air (*Ipomea Aquatica*)

Kangkung adalah tanaman air yang juga dapat tumbuh dengan cepat. Kangkung dapat menyerap kontaminan dari air, termasuk fosfor dan nitrogen.



Gambar 5. Tanaman Kangkung Air

2.8 Penelitian Terkait

No	Nama dan Tahun	judul	Metode	Hasil
1	Hadinta Sisyanreswari, (Sisyanreswari et al., 2014)	penurunan TSS, COD, dan Fosfat Pada Limbah <i>Laundry</i> menggunakan koagulan tawas dan media zeolit	<p>Koagulasi flokulasi dilakukan dengan metode jarrest yaitu dengan memasukkan limbah laundry ke dalam 5 gelas bekker masing - masing 1 liter, kemudian ditambahkan larutan tawas 1% lalu di aduk</p> <p>Pengolahan limbah laundry dengan media zeolit dilakukan dengan cara memasukkan media zeolit yang telah diaktivasi ke dalam pipa paralon 2,5 inch dengan masing - masing ketinggian yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. Kemudian alirkan limbah laundry. Ambil sampel air limbah laundry yang telah terolah setiap 30, 60, 90, dan 120 menit.</p>	<p>1. menggunakan koagulan tawas penurunan TSS sebesar 90,29%;COD sebesar 75,36%; dan Fosfat sebesar 95,01%.</p> <p>2. media zeolit ketinggian 40 cm pada menit ke 120 dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 92,57%;COD sebesar 69,55%; dan Fosfat sebesar 90,79%.</p> <p>3. Setelah pengolahan gabungan TSS sebesar 86,64% pada menit 90; COD 85,51% pada menit 120; dan Fosfat 91,44% pada menit telah memenuhi baku mut Perda Provinsi Jawa tengan No. 05 Tahun 2012.</p>
2	Afiya Asadiya, (Asadiya & Karnaningroem, 2018)	Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit – Arang Aktif	Metode pada penelitian ini yaitu Aerasi, pengendapan, dan filtrasi.	a) Penurunan kandungan atau removal nilai TDS terbesar terdapat pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5%. Rata-rata penyisihan nilai

				BOD mencapai 84,76%. b).Removal terbesar untuk parameter TSS ada pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5%. Nilai penyisihan TSS mencapai 99,97%..
3	Mega Filliazati Universitas Tanjungpura	Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang.	Konsep teknologi pengolahan dengan biofilter aerob.	Penurunan kandungan BOD tertinggi dengan efisiensi 68,98% dari kadar BOD awal sebesar 758,5 mg/l dan penurunan minyak lemak dengan efisiensi sebesar 96,60% dari kadar awal 5213 mg/l.
4	Faris Abdurrahman universitas Brawijaya 2019	Studi Efisiensi Filter Penjernih Air Menggunakan Kombinasi Bahan Batu Scoria dan Batu Apung dengan Zeolit dan Kerikil untuk Mengurangi Polutan Pada Limbah Domestik	Filtrasi menggunakan kombinasi batu scoria dan batu apung dengan zeolit dan kerikil.	1. Ph dengan angka 7, suhu dengan angka 26 C, TSS dengan angka 1 mg/L, COD dengan angka 16,80 mg/L telah memenuhi pp No. 82 Tahun 2001. 2. BOD dengan angka 12,99 mg/L belum memenuhi pp No. 82 Tahun 2001.
5	Farikh Akhsanul Hafidhin (Hafidhin et al.,	Penerapan Teknologi Fitoremediasi Menggunakan	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen berdasarkan	Reaktor C dengan 15 tanaman eceng gondok paling maksimal dalam

	2023)	Tanaman Eceng Gondok untuk Mengolah Air Limbah Laundry	variabel bebas yaitu variasi jumlah tanaman eceng gondok pada masing masing reaktor diantaranya 5 tanaman pada reaktor A, 10 tanaman pada reaktor B, dan 15 tanaman pada reaktor C. Metode pengolahan limbah yang digunakan adalah fitoremediasi tumbuhan eceng gondok dengan sistem batch.	menurunkan kadar BOD dan kadar COD, sebesar 33 mg/L untuk kadar BOD dan sebesar 57 mg/L untuk kadar COD. Reaktor B paling baik menurunkan kadar fosfat dengan 10 tanaman eceng gondok, sebesar 0.9 mg/L. Perlakuan fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok memiliki efisiensi dalam menurunkan kadar pencemar sebesar BOD 68.86%; COD 66.86%; dan fosfat 77.5%.
6	Muhammad Najib Ngirfani Politeknik Muhammadiyah Magelang 2020	Potensi Tanaman Kangkung Air Dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Rumah Potong Ayam	Metode yang dilakukan dengan cara didiamkan selama 10 hari.	Hasil eksperimen Penurunan paling rendah pada perlakuan D 8 tanaman dengan nilai COD 69,40 mg/L dan BOD dengan nilai 40,50 mg/L selama 10 hari.
7	Rifai Agung Mulyono, (Mulyono et al., 2022)	Teknologi Elektroflokulasi Bertingkat Kombinasi Media Pasir - Arang Aktif sebagai Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka	Pengolahan dengan mengalirkan secara terus menerus ke dalam prosesor dengan teknologi elektroflokulasi bertingkat, kombinasi media pasir arang aktif dengan arus listrik 12 volt dengan kontrol tanpa media pasir arang aktif.	parameter TSS dengan nilai penurunan terendah 2, 20 mg/L, BOD dengan nilai 122,58 mg/L, COD dengan nilai terendah 154,6 mg/L, pH dengan nilai 8,3, dengan ketebalan media 80 cm.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2024 di Lab Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengambilan sampel limbah berlokasi di Kp. Way Dadi, Kec. Sukarame, Kota Bandar Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Arang aktif, Arang sekam padi, Tanaman eceng gondok, Tanaman kiambang, Tanaman kangkung air. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat yang Digunakan

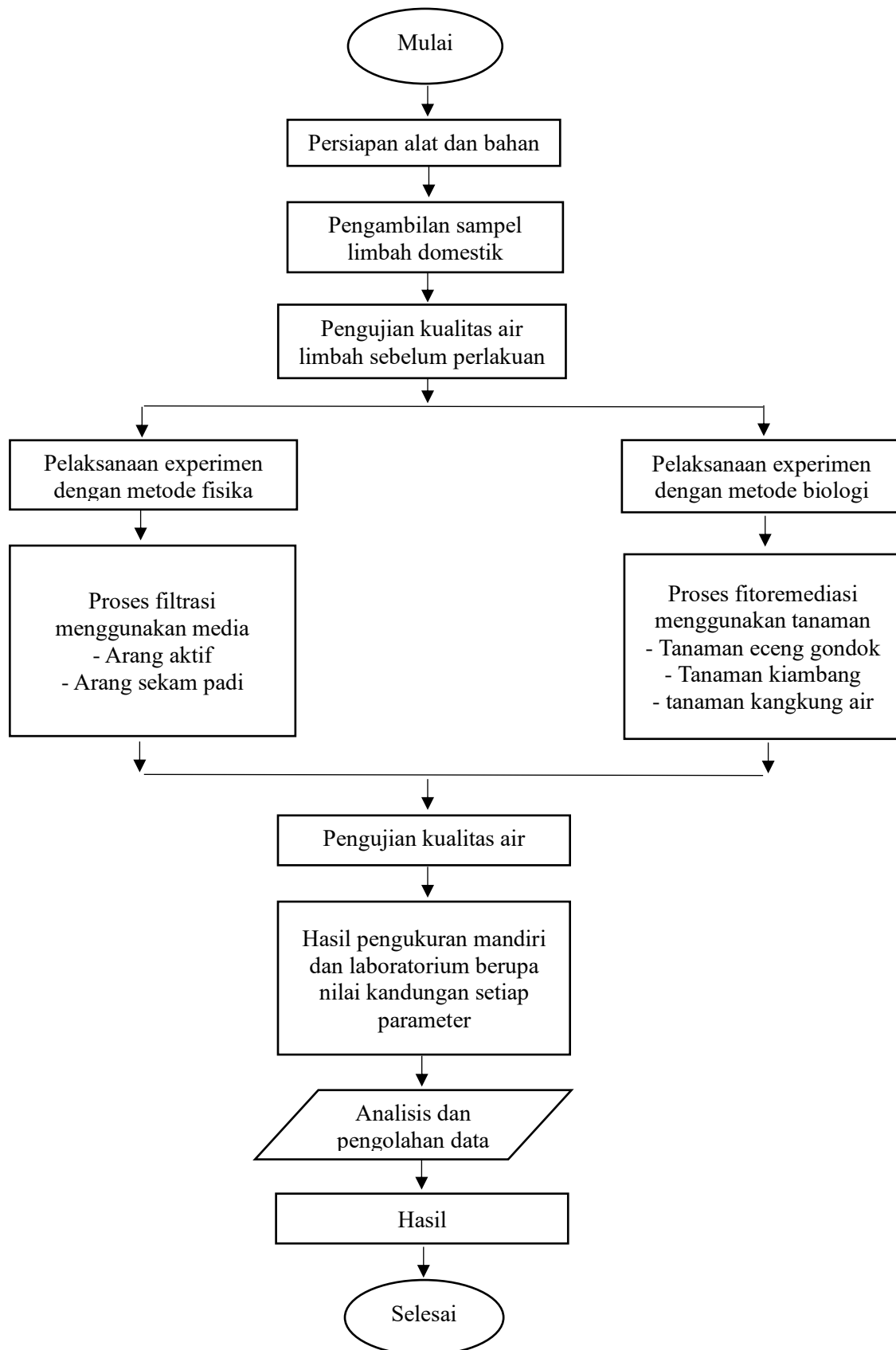
NO	Alat	Ukuran	Satuan	Jumlah
1	Rangkaian filtrasi	15 x 10 x 25	cm	3
2	Bak pengamatan	50 x 39 x 21	cm	3
3	Bak penampungan air limbah	80	L	1
4	Botol sampel	2	L	5
5	pH meter	-	-	1
6	TDS dan EC Meter	-	-	1
7	Dakron	100 x 50	cm	1
8	Penggaris	30	cm	1

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode experimental. Penelitian experimental adalah penelitian yang mencari hubungan sebab akibat antara variabel bebas dengan variabel terikat. Pada penelitian ini menggunakan dua eksperimen yaitu meliputi eksperimen secara fisika dan biologi.

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian (Gambar 8) terdiri dari beberapa tahapan meliputi persiapan alat dan bahan, pengambilan sampel limbah domestik, pengujian air limbah sebelum diberi perlakuan, pelaksanaan eksperimen yang terdiri dari dua metode secara fisika dan biologi, pelaksanaan eksperimen secara fisika dilakukan dengan sistem filtrasi sedang secara biologi dilakukan dengan sistem fitoremediasi. Pada metode biologi tanaman dilakukan aklimatisasi. Aklimatisasi adalah upaya penyesuaian fisiologis tanaman atau adaptasi suatu organisme terhadap lingkungan yang baru dimasukinya (Reynaldi 2018). Kegiatan Aklimatisasi bertujuan untuk mengkondisikan material tanaman tersebut agar dapat bertahan hidup di tempat barunya. Setelah dilakukan pengamatan air limbah hasil eksperimen diuji kandungan yang ada didalamnya secara mandiri dan dilaboratorium. Kemudian setelah didapat nilai kandungan setiap parameter disesuaikan dengan standar baku mutu air peraturan daerah provinsi lampung no 11. Tahun 2012.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.5 Metode Experimen

Pada penelitian ini menggunakan dua metode eksperimen yaitu secara fisika dan biologi. Pada penelitian ini bahan yang digunakan menggunakan basis massa baik secara fisika maupun biologi.

3.5.1 Metode Fisika

Pada metode fisika ini menggunakan sistem filtrasi menggunakan arang aktif dan arang sekam padi. Langkah pertama diukur variabel terikat yang terkandung di dalam air limbah domestik sebelum diberi perlakuan, setelah itu dilakukan proses filtrasi air limbah. Media filtrasi arang aktif dan arang sekam padi ditimbang terlebih dahulu masing masing 600 gram kemudian dimasukkan kedalam media filtrasi. Arang sekam padi dimasukkan pada filter tingkatan pertama dan arang aktif pada tingkatan kedua. Selanjutnya Air limbah domestik dialirkan ke dalam media filtrasi melalui filter tingkatan paling atas menggunakan pompa mini 3-5 v DC. Kemudian air limbah akan mengalir dari filtrasi tingkat pertama, kedua dan terakhir air hasil filtrasi ditampung pada bak paling bawah yang telah disediakan. Air hasil filtrasi diukur kembali variabel terikat yang terkandung didalamnya. Desain filtrasi dengan metode fisika ditampilkan pada Gambar 9.

Dimensi bak filtrasi:

P: 15 cm

L: 10 cm

T: 25 cm

Tinggi filtrasi tingkat

1 = 18 cm

Tinggi filtrasi tingkat

2= 18 cm



Pompa mini = 3-5 v DC

V air = 3L

Waktu= 18 menit

Debit= 0,0027 liter/detik

Gambar 7. Rancangan Metode Fisika

3.5.2 Metode Biologi

Pada metode biologi ini menggunakan sistem fitoremediasi yaitu dengan memberi tanaman hijau pada air limbah yang akan diamati. Langkah pertama diukur variabel terikat yang terkandung di dalam air limbah domestik sebelum diberi perlakuan kemudian siapkan tiga bak penampung untuk pengamatan dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 39 cm, dan tinggi 21 cm. Kemudian air limbah domestik dimasukkan ke dalam tiga bak penampung yang telah disiapkan masing masing sebanyak 35 liter. Kemudian masukkan tanaman eceng gondok yang telah ditimbang seberat 350 gram ke dalam bak 1, tanaman kiambang seberat 300 gram bak 2, dan tanaman kangkung air seberat 850 gram bak 3. Pengamatan air limbah dilakukan setiap hari hingga kandungan yang ada didalamnya menurun selama 31 hari.

Dimensi bak air:

P: 50 cm, T: 21 cm, L: 39

Volume air bak 1,2,3 = 35L



Massa Eceng Gondok = 350 g Massa Kiambang = 300 g Massa Kangkung = 850 g

Gambar 8. Rancangan Metode Biologi

3.6 Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki tiga variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Manfaat dengan dibuatnya variabel pada penelitian ini yaitu untuk membantu memfokuskan penelitian pada aspek yang spesifik dan terukur.

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menyebabkan terjadinya perubahan pada faktor-faktor yang akan diukur atau diamati. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu:

a. Variabel bebas metode fisika

Variabel yang digunakan pada metode fisika yaitu Arang Aktif dan Arang sekam padi.

b. Variabel bebas metode biologi

Variabel yang digunakan pada metode biologi ini yaitu, tanaman Eceng Gondok, Tanaman Kiambang, dan Tanaman Kangkung Air.

3.6.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diukur atau diamati oleh peneliti pada sebuah penelitian untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikat adalah kandungan yang diuji dalam air limbah domestik. Kandungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Baku Mutu Air Limbah Domestik Lampung Kategori I No 11 Tahun 2012

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	6.5 – 8.5
Suhu	C	25 - 35
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	150
TSS	mg/L	100
NH ³ -N	mg/L	10

Berikut cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai pada setiap parameter:

1. pH

Metode yang paling umum digunakan untuk pengukuran pH yaitu menggunakan alat yang disebut pH meter. pH meter terdiri dari dua bagian utama, yaitu *probe* dan meter. *Probe* digunakan untuk mengukur pH pada sampel air, sedangkan meter digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran. Cara menggunakan pH meter yaitu *Probe* bagian paling bawah pH meter dimasukkan ke dalam air yang akan diamati selama beberapa detik, kemudian indikator akan menunjukkan nilai kandungan ion hidrogen pada larutan air.

2. Suhu

Pengukuran suhu limbah domestik dapat dilakukan dengan menggunakan termometer. Termometer yang digunakan untuk mengukur suhu limbah domestik biasanya adalah termometer batang. Termometer batang memiliki *probe* yang dapat dicelupkan langsung ke dalam air limbah. Cara menggunakan termometer batang yaitu dengan mencelupkan *probe* pada bagian bawah termometer selama 3- 5 menit

untuk mendapatkan pembacaan yang akurat kemudian perhatikan garis skala pada tabung termometer angka yang sejajar dengan permukaan merkuri atau alkohol itulah nilai suhu yang diperoleh.

3. BOD

Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah cair domestik dapat dilakukan dengan menggunakan metode titrimetri. Metode titrimetri adalah metode yang paling umum digunakan untuk pengukuran BOD.

4. COD

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair domestik dapat dilakukan dengan menggunakan metode oksidasi dikromat. Metode oksidasi dikromat adalah metode yang paling umum digunakan untuk pengukuran COD.

5. TSS

Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah cair domestik menggunakan alat TSS meter adalah metode yang paling umum digunakan. TSS meter adalah alat yang menggunakan prinsip kerja optik untuk mengukur kadar TSS. Celupkan *probe* atau elektroda TSS meter ke dalam sampel air. Pastikan *probe* terendam seluruhnya sesuai kedalaman yang disarankan pada manual. Tahan *probe* selama beberapa detik hingga bacaan stabil tercapai. Nilai TSS akan ditampilkan pada layar TSS meter. Satuan umum untuk TSS adalah miligram per liter (mg/L) atau part per million (ppm).

6. Amonia (NH³)

Pengukuran kadar amonia (NH³) dalam limbah cair domestik dapat dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-vis. Metode ini menggunakan prinsip kerja spektrofotometri untuk mengukur absorbansi larutan yang mengandung NH³.

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengamatan awal, harian, dan pengamatan akhir. Pengamatan awal dilakukan pada sampel air limbah yang akan digunakan. Pengamatan awal meliputi pengamatan Ph, Suhu, BOD, COD, TSS, NH³.

Pengamatan harian pada metode fisika meliputi Ph, Suhu, BOD, EC, TDS, Massa media, dan debit aliran. Sedangkan Pada metode biologi yaitu Ph, Suhu, EC, TDS, Ketinggian air.

Pengamatan akhir dilakukan setelah beberapa parameter (pH, Temperatur, BOD) menunjukkan angka mendekati baku mutu (Tabel 5). Pengamatan akhir yang dilakukan meliputi pengamatan Ph, Suhu, BOD, COD, TSS, NH³.

3.6.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibatasi dan dikendalikan pengaruhnya. Variabel kontrol yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan basis massa bahan.

a. Variabel Kontrol Metode Fisika

1. Arang aktif (600 g)
2. Arang sekam (600 g)

b. Variabel Kontrol Metode Biologi

1. Tanaman Kiambang (300 g)
2. Tanaman Eceng gondok (350 g)
3. Tanaman Kangkung Air (850 g)

3.7 Analisis Data

Data hasil pengamatan berupa data harian, awal, dan akhir. Untuk data harian ditampilkan dalam bentuk grafik sedangkan data awal dan akhir dalam bentuk tabel. Analisa atau pengolahan data dilakukan menggunakan software Microsoft Excel. Selain itu untuk mengetahui hubungan dilakukan regresi eksponensial. Tujuan dilakukan regresi eksponensial adalah untuk merujuk pada sesuatu yang meningkat atau menurun dengan kecepatan yang terus bertambah secara proporsional terhadap nilai awalnya. Nilai R^2 mengukur sejauh mana model regresi eksponensial sesuai dengan data. Semakin mendekati 1, semakin baik model merepresentasikan data.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan hasil berikut:

1. Pada penelitian pengolahan air limbah domestik menggunakan metode fisika dengan sistem filtrasi parameter yang diamati yaitu pH, suhu, BOD, COD, TSS, dan NH₃. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 kategori I tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, parameter yang telah memenuhi yaitu TSS dengan nilai 6.04 mg/L.
2. Pada penelitian pengolahan air limbah domestik menggunakan metode biologi dengan sistem fitoremediasi parameter yang diamati yaitu pH, suhu, BOD, COD, TSS, dan NH₃. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 11 Tahun 2012 kategori I tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, parameter yang telah memenuhi yaitu pH, suhu, TSS, dan NH₃ dengan nilai berturut pada perlakuan eceng gondok 6.23, 30 °C, 5.61 mg/L, 1.70 mg/L. Pada perlakuan Kiambang 7.48, 30.1°C, 16.25 mg/L, 2.01 mg/L, dan pada perlakuan Kangkung 7.70, 30.5 °C, 5.80 mg/L, 2.36 mg/L.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, ada beberapa saran yang dapat peneliti berikan, antara lain:

1. Bahan dan metode penelitian perlu diperhatikan lebih lanjut agar setiap parameter yang telah ditentukan dapat turun sesuai harapan.
2. Perbanyak alat dan bahan yang digunakan untuk mengantisipasi kendala saat pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, F. (2019). Studi Efisiensi Filter Penjernih Air Menggunakan Kombinasi Bahan Batu Scoria dan Batu Apung Dengan Zeolit dan Kerikil untuk Mengurangi Polutan pada Limbah Domestik. *Skripsi*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Agrawal, V.R., Vairagade, V.S., & Kedar, A.P. (2017). Activated Carbon as Adsorbent In Advance Treatment of Wastewater. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. 14(4) 36-40.
- Agustin, S.S., S. Triyono & M. telaumbanua. (2017). Sistem hidroponik dengan memanfaatkan limbah effluent biogas industri tapioka dan limbah kolam lele. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6, 161-170.
- Akeli, M.W.O.C., Potalangi, N.O., Untu, S.D., Tumbel, S.L. (2020). Fitoremediasi tumbuhan Eceng Gondok dan Apu-Apu Terhadap Air Limbah Pabrik Pengolahan Tepung Kelapa PT. Royal Coconut Gorontalo. *Jurnal majalah Info Sains*. 1(1) 1-10.
- Anggraini, A. N., & Sugito, S. (2019). Peningkatan Kualitas Olahan Air Limbah Kawasan Industri Menggunakan Dual Filtrasi Membran Keramik. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(2), 6-18.
- Arifa, A. N., & Ratnawati, D. (2023). Analisis Dampak Sosial Industri Tahu Terhadap Kualitas Air di Desa Sidomulyo Kecamatan Punggur. *SOCIAL PEDAGOGY: Journal of Social Science Education*, 4(2), 117-130.
- Aris, B. S., Rudi, R., & Lasarido, L. (2021). Pengelolaan limbah industri tahu menggunakan berbagai jenis tanaman dengan metode fitoremediasi. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 20(2), 257-264.
- Asadiya, A., & Karnaningroem, N. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1). 18-22.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 4(1), 83-93.

- Daroini, T.A., & Arisandi, A. (2020). Analisis bod (biological oxygen demand) di perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Jurnal Juvenil*, 4(1), 558 - 566.
- Desmiarti, R., Martynis, M., Novita, J., & Saputra, N. (2017). Kombinasi proses filtrasi dan ion exchange secara kontinu pada pembuatan aquadm (demineralized water). *Jurnal Kimia*, 4(1).
- Das, S., Mishra, S., & Sahu, H. (2023). A review of activated carbon to counteract the effect of iron toxicity on the environment. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 86-97.
- Felani, M. dan A. Hamzah. 2007. Fitoremediasi limbah cair industri tapioka dengan tanaman eceng gondok. *Jurnal Buana Sains*, 7 (1): 11-20.
- Gultom, R. (2017). Analisa Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Kota Medan. *Skripsi*. Universitas Medan Area, Medan.
- Hafidhin, F. A., Ratnawati, R., Sugito, S., Sutrisno, J., Nurhayati, I., Febrianti, A. N., & Al Kholif, M. (2023). Penerapan teknologi fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok untuk mengolah air limbah laundry. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 14(2), 42–50.
- Haryanto, A., L. R. Putri, S. Suharyatun & M. Telaumbanua. (2023). Penambahan arang batok kelapa pada produksi biogas campuran kotoran ayam dan kotoran sapi. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2, 98-108.
- Jasman. (2011). Uji Coba Arang Sekam Padi Sebagai Media Filtrasi Dalam Menurunkan Kadar Fe Pada Air Sumur Bor Di Asrama Jurusan Kesehatan Lingkungan Manado. *Jurnal JKL*, 1(1). 49-53.
- J., Wirawan, W. A., Wirosodarmo, R., Susanawati, L. D. (2018). Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem Dft. *Jurnal sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(1), 63–70.
- Khaer, A., & Nursyafitri, E. (2019). Kemampuan metode kombinasi filtrasi fitoremediasi tanaman teratai dan eceng gondok dalam menurunkan kadar BOD Dan COD air limbah industri tahu. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 17(2), 11-18.
- Kuratul, U., Ilim, & Simanjutak, W. (2012). Studi Pengaruh Potensial, Waktu Kontak, dan pH Terhadap Metode Elektokoagulasi Limbah Cair Restoran Menggunakan Elektroda Fe dengan Susunan Monopolar dan Dipolar. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 3(978), 445–450.
- Kuswoyo, A., & Ulimaz, A. (2022). Pengaruh Jenis dan Ketebalan Karbon Aktif pada Sistem Constructed Wetlands untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 173-181.

- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran total dissolved solid (tds) dalam fitoremediasi deterjen dengan tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143-148.
- Marsidi, R. (2001). Zeolit untuk mengurangi kesadahan air. *Jurnal Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT*, 2(1), 1–10.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26-33.
- Mohan, D., & Pittman Jr, C. U. (2007). Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents—a critical review. *Journal of hazardous materials*, 142(1-2), 1-53.
- Mulyono, R. A., Sapta, W. A., & Putri, N. I. (2022). Teknologi Elektroflokulasi Bertingkat Kombinasi Media Pasir - Arang Aktif sebagai Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka. *Jurnal Kesehatan*, 13(1), 140-149.
- Nababan, D., Ester, M., Sitorus, J., Elisabeth, I., Etalia, N., & Brahmana, B. (2019). Kemampuan Biofilter Anaerob Berdasarkan Jenis Media dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Tahun 2016. *Jurnal Riset Hesti Medan Akper Kesdam I/BB Medan* 4(2), 105–11.
- Nainggolan, A. A., Arbaningrum, R., Nadesya, A., Harliyanti, D. J., & Syaddad, M. A. (2019). Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi. *Widyakala Journal*, 6(1), 12-20.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Safrizal, M. R., Puspitasari, A. I., & Pradana, H. A. (2022). Kajian Perbaikan Kualitas Air Limbah Pengolahan Kopi Menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 11(1), 192-203.
- Nurfita, A. E., Kurniati, E., & Haji, A. T. S. (2017). Efisiensi Removal Fosfat (PO₄³⁻) Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Fitoremediasi Kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 4(3), 18-26.
- Pradana, T. D., Suharno, S., & Apriansyah, A. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 56.
- Purwoto, S., & Nugroho, W. (2013). Removal klorida, TDS dan besi pada air payau melalui penukar ion dan filtrasi campuran zeolit aktif dengan karbon aktif. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(1), 47-59.
- Putra, A. Y., & Mairizki, F. (2020). Penentuan Kandungan Logam Berat Pada Air Tanah Di Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator*, 5(1), 47-53.
- Putra, P. (2018). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Tanaman Phyto Treatment Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

- Rahman, F. A., Listari, N., & Jannah, S. W. (2022). Bioakumulasi Logam Berat (Pb) pada Vegetasi Mangrove Famili Rhizophoraceae di Teluk Lembar Kabupaten Lombok Barat. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 1273-1284.
- Ratnawati, R., & Kholif, M. Al. (2018). Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 10(72), 1–14.
- Rijaluddin, A.F., Wijayanti, F., & Haryadi, J. (2017). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Situ Gintung, Situ Bungur, dan Situ Kuru, Ciputat Timur. *jurnal Teknologi Lingkungan*. 18(2), 139-147.
- Riyanto, A. (2023). Fitoremediasi Kayu Apu, Eceng gondok, dan Bambu air untuk menurunkan kadar BOD air limbah pabrik tahu. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 12(02), 162-170.
- Roifa, A. M., Laili, S., & Lisminingsih, R. D. (2024). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS), Oksigen Terlarut (DO) dan pH Dalam Fitoremediasi Limbah Laundry Dengan Tanaman Kangkung Air *Ipomoea aquatica*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains Unisma Malang*, 2(1), 1-6.
- Ruhmawati, T., Sukandar, D., Karmini, M., & Roni S, T. (2017). Penurunan kadar total suspended solid (tss) air limbah pabrik tahu dengan metode fitoremediasi. *Jurnal Permukiman*, 12(1), 25-35.
- Rukmi, D.P. 2013. “Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry”. Skripsi. Universitas Jember, Jember.
- Rusmayadi, G. (2023). Teknologi Alternatif Mengolah Air Limbah dDengan Media Tanaman. *SABAJAYA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 14-21.
- Rusyadi, HM, E. I., & Setiawati, T. C. (2023). Perbaikan beberapa karakteristik limbah cair tahu menggunakan variasi jumlah tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan tanaman kiambang (*Pistia stratiotes*). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 6(1), 8-12.
- Ruzzi, F., Irawan, A., & Lisha, S. Y. (2023). Uji Efektivitas Tanaman *Salvinia Molesta* dan *Eichhornia Crassipes* dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, Dan TSS pada Limbah Cair Tahu. *CIVED*, 10(1), 311-329.
- Shoimah, A. N. (2018). Karakteristik Limbah Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 7-21.
- Sisyanreswari, H., Oktiawan, W., & Rezagama, A. (2014). Penurunan Tss, Cod dan Fosfat pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4), 1–11.
- Sitasari, A. N., & Khoironi, A. (2021). Evaluasi efektivitas metode dan media filtrasi pada pengolahan air limbah tahu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 565-575.

- Sitompul, D. F., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Pengolahan limbah cair Hotel Aston Braga City Walk dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok. *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(2), 105-114.
- Stefhany, C. A., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Fitoremediasi phospat dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) pada limbah cair industri kecil pencucian pakaian (laundry). *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(1), 13-23.
- Tumimomor, F., Palilingan, S., & Pungus, M. (2020). Pengaruh Filtrasi Terhadap Nilai pH, TDS, Konduktansi dan Suhu Air Limbah Laundry. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(1), 1-9.
- Vegatama, M. R., Willard, K., Saputra, R. H., Ramadhan, M. A. (2020). Rancang Bangun Filter Air Dengan Filtrasi Sederhana Menggunakan Energi Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Petrogas*, 2(2), 1–10.
- Yunasthania Wowor, B., Yety Hanurawaty, N., & Yulianto, B. (2023). Perbedaan Variasi Ketebalan Media Filter Arang Aktif Terhadap Penurunan Kadar Total Dissolved Solids (TDS). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(1), 76-83.
- Zhang, X., Guo, W., Ngo, H. H., Wen, H., Li, N., & Wu, W. (2016). Performance evaluation of powdered activated carbon for removing 28 types of antibiotics from water. *Journal of Environmental Management*, 172, 193-200.