

TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH *LAUNDRY* MENGGUNAKAN BIOSAND
FILTER DAN FITOREMEDIASI KAYU APU (*Pistia stratiotes L.*)**



JUAN ELOYS SILABAN

D131 17 1011

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH *LAUNDRY* MENGGUNAKAN BIOSAND
FILTER DAN FITOREMEDIASI KAYU APU (*Pistia stratiotes L.*)**

Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1

Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan



JUAN ELOYS SILABAN

D131 17 1011

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022



LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.)

Disusun Oleh :

Nama : Juan Eloys Silaban D131171011

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 11 Mei 2022

Pembimbing I

Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.
NIP.195901161987021001

Pembimbing II

Nurjannah Oktorina, S.T., M.T.
NIDK. 8883201019

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Juan Eloys Silaban

NIM : D131 17 1011

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “**Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)**”, adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apa pun dan dimanapun.

Tugas Akhir ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam Tugas Akhir yang berasal dari penulisan lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua penulisan dalam Tugas Akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak mana pun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan Tugas Akhir ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawaban segala risiko.

Gowa, 6 April 2022

Yang membuat pernyataan

Juan Eloys Silaban

D131 17 1011

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas kelimpahan berkat, rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)**”.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang Strata-I Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat, dan doa dari segala pihak membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada orangtua penulis Drs. Rahman Silaban dan Martina Parasan, S.Pd yang sudah memberikan dukungan dan kasih sayang kepada penulis.

Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Baharuddin Hamzah, S.T., M.T., M.Arch., selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T, selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc., selaku pembimbing pertama yang selalu memotivasi, mendukung dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
6. Nurjannah Oktorina Abdullah, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.

7. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan dan Departemen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas akhir ini.
8. Pak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang membantu penulis selama penelitian dilakukan di Laboratorium.
9. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terkhusus Ibu Sumi dan Pak Olan yang telah banyak membantu penulis dalam proses administrasi.
10. Teman-teman Lab Riset Kualitas Air (Irsyaad, Eko, Tenri, Ziqhran, Alifah, Rara, Firdha, Jijah, Azizah, Ncus, Putri, Fhyphi dan Afni) yang selalu menghibur serta terus memberikan bantuan kepada penulis.
11. St Alifah, Tenri, Ped, Raaa dan Irsyaad yang selalu bersedia membantu penulis dan dalam penyusunan tugas akhir.
12. Teman-teman 17 tahun Bersama (Hezron, Thesa, Cindy dan Cendy) yang selalu menyemangati dan menghibur penulis dalam penyusunan tugas akhir.
13. Inri Verel yang selalu memotivasi dan membantu penulis dalam menyusun tugas akhir.
14. Teman-teman se-PLASTIS 2018 (SIPIIL & LINGKUNGAN 2017) yang telah sama-sama berjuang dari awal *till the end*.
15. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan dari tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberi manfaat untuk perkembangan dalam bidang ilmu pengetahuan.

Gowa, 7 Maret 2022

Penulis

ABSTRAK

JUAN ELOY S SILABAN. *Pengolahan Air Limbah Laundry Menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (Pistia stratiotes L.)*. (dibimbing oleh Achmad Zubair dan Nurjannah Oktorina Abdullah).

Air limbah *laundry* dihasilkan oleh aktivitas rumah tangga atau usaha *laundry* dengan menggunakan detergen sabun dan bahan-bahan yang berbahaya ketika dibuang ke lingkungan yang dapat menyebabkan eutrofikasi, bau, dan kekeruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biosand filter yang menggunakan media *manganese greensand*, pasir silika, karbon aktif, dan kerikil dan juga fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam mengurangi kadar kontaminan pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), fosfat, minyak dan lemak.

Variabel bebas yaitu ketebalan media dan berat tanaman. Variasi ketebalan media dengan susunan media yaitu *manganese greensand*, pasir silika, karbon aktif, dan kerikil terdiri dari ketebalan media 1 (M1) dengan tebal 20 cm, 20 cm, 20 cm, 16 cm dan ketebalan media 2 (M2) dengan tebal 18 cm, 18 cm, 18 cm, 15 cm. Variasi berat tanaman dengan berat tanaman 200 gr (B1), berat tanaman 400 gr (B2) dan B0 sebagai Perlakuan kontrol tanpa tanaman. Karakteristik air limbah *laundry* yang didapatkan adalah pH 9,22, BOD 284,05 mg/L, COD 480 mg/L, TSS 114 mg/L, fosfat 3,7 mg P/L, minyak dan lemak 898 mg/L. 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%.

Kata Kunci : Air Limbah *Laundry*, Biosand Filter, Fitoremediasi Kayu Apu

ABSTRACT

JUAN ELOY S SILABAN. Laundry Wastewater Treatment With Biosand Filter and Phytoremediation of Apu Wood (*Pistia stratiotes* L.). (guided by Achmad Zubair and Nurjannah Oktorina Abdullah).

Laundry wastewater is produced by household activities or laundry businesses by using soap detergents and hazardous materials when discharged into the environment, which can cause eutrophication, odor, and turbidity. This study aims to find out the ability of biosand filters that use manganese greensand media, silica sand, activated carbon, and gravel, and also Apu Wood phytoremediation (*Pistia stratiotes* L.) to reduce levels of contaminants like pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), phosphates, oils and grease.

Free variables are the thickness of the medium and the weight of the plant. Variations in media thickness with media arrangements, namely manganese greensand, silica sand, activated carbon, and gravel, consist of media thickness 1 (M1) with a thickness of 20 cm, 20 cm, 20 cm, 16 cm, and media thickness 2 (M2) with a thickness of 18 cm, 18 cm, 18 cm, 18 cm, 15 cm. Variations in plant weight with a plant weight of 200 g (B1), 400 g (B2), and B0 as a control treatment without plants. Laundry wastewater contained pH 9.22, BOD 284.05 mg/L, COD 480 mg/L, TSS 114 mg/L, phosphate 3.7 mg/L, and oil and fat 898 mg/L. The results showed that the best variations in laundry wastewater allowance are media thickness 2 (M2) and plant weight 400 gr (B2) with the best efficiency of plant weight and media thickness variation (B2M2) in lowering BOD levels, COD, TSS, phosphate, oil and grease are 92.94%, 95.27%, 92.06%, 96.06%, and 79%, respectively.

Keywords: Laundry Wastewater, Biosand Filter, Phytoremediation of Apu Wood

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup	5
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Karakteristik Air Limbah <i>Laundry</i>	7
B. Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i>	10
C. Parameter Kualitas Air Limbah <i>Laundry</i>	10
1. <i>Power of Hydrogen</i> (pH)	11
2. <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	11
3. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	12
4. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	12
5. Fosfat (PO ₄)	13
6. Minyak dan Lemak	13
D. Metode Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	14
1. Metode Pengolahan Secara Fisik	14
2. Metode Pengolahan Secara Biologi	15
3. Metode Pengolahan Secara Kimia	15

E. Proses Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	16
1. Biosand Filter	16
2. Fitoremediasi Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)	22
3. Sistem Kontinu	25
F. Hukum Archimedes	26
G. Efisiensi Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	27
1. Efisiensi Pengolahan Menggunakan Biosand Filter	27
2. Efisiensi Pengolahan Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu	27
H. Penelitian Terdahulu	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
A. Rancangan Penelitian	35
1. Variabel Bebas	35
2. Variabel Terikat	36
3. Variabel Kontrol	37
B. Matriks Penelitian	37
C. Waktu dan Lokasi Penelitian	37
D. Alat dan Bahan	38
E. Populasi dan Sampel	39
F. Tahap Penelitian	39
1. Pembuatan Desain Reaktor	39
2. Persiapan Eksperimen	43
3. <i>Running</i> Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	48
4. Pengujian Sampel Air Limbah <i>Laundry</i>	48
G. Teknik Pengumpulan Data	49
H. Teknik Analisis	49
I. Diagram Alir Penelitian	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
A. Karakteristik Air Limbah <i>Laundry</i>	53
B. Pengaruh Ketebalan Media Bioand Filter	54
1. Analisis <i>Power of Hydrogen</i> (pH)	55
2. Analisis <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	57
3. Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	60
4. Analisis <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	63
5. Analisis Fosfat	67

6. Analisis Minyak dan Lemak	70
C. Pengaruh Berat Tanaman	74
1. Analisis <i>Power of Hydrogen</i> (pH)	74
2. Analisis <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	77
3. Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	79
4. Analisis <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	82
5. Analisis Fosfat	84
6. Analisis Minyak dan Lemak	87
7. Analisis Terbaik Variasi Berat Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)	89
D. Pengaruh Perbandingan Ketebalan Media dan Berat Tanaman	92
1. Parameter <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	92
2. Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	93
3. Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	94
4. Parameter Fosfat	95
5. Parameter Minyak dan Lemak	96
E. Analisis Statistik Pengaruh Interaksi Ketebalan Media dan Berat Tanaman	98
1. Parameter <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	98
2. Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	99
3. Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	100
4. Parameter Fosfat	100
5. Parameter Minyak dan Lemak	101
F. Efektivitas Penurunan Konsentrasi Air Limbah <i>Laundry</i> Menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu	102
BAB V PENUTUP	108
A. Kesimpulan	108
B. Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN	109

DAFTAR TABEL

nomor	halaman
1. Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i>	10
2. Kriteria Desain Biosand Filter	18
3. Kriteria Desain Saringan Pasir Lambat	18
4. Karakteristik Fisik <i>Manganese Greensand</i>	19
5. Karakteristik Fisik	20
6. Karakteristik Fisik Pasir Silika	21
7. Karakteristik Fisik Kerikil	22
8. Efisiensi Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i> Menggunakan Biosand Filter	27
9. Efisiensi Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i> Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu	28
10. Penelitian Terdahulu	29
11. Matriks Penelitian	37
12. Alat yang digunakan dalam penelitian	38
13. Bahan yang digunakan dalam penelitian	38
14. Kriteria Desain Bak Sedimentasi	40
15. Rekapitulasi Dimensi Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	42
16. Proses <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	46
17. Metode Pengujian Sampel Air Limbah <i>Laundry</i>	49
18. Pengolahan Data Untuk Setiap Parameter Uji	50
19. Karakteristik Air Limbah <i>Laundry</i>	53
20. Hasil Pengujian Parameter pH untuk Variasi Ketebalan Media	55
21. Hasil Pengujian Parameter BOD untuk Variasi Ketebalan Media	57
22. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter BOD untuk Variasi Ketebalan Media	59
23. Hasil Pengujian Parameter COD untuk Variasi Ketebalan Media	60
24. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter COD untuk Variasi Ketebalan Media	62
25. Hasil Pengujian Parameter TSS untuk Variasi Ketebalan Media	64
26. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter TSS untuk Variasi Ketebalan Media	65

27. Hasil Pengujian Parameter Fosfat untuk Variasi Ketebalan Media	67
28. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter Fosfat untuk Variasi Ketebalan Media	69
29. Hasil Pengujian Parameter Minyak dan Lemak untuk Variasi Ketebalan Media	71
30. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter Fosfat untuk Variasi Ketebalan Media	72
31. Hasil Pengujian Parameter pH untuk Variasi Berat Tanaman Kayu Apu	74
32. Hasil Pengujian Parameter BOD untuk Variasi Berat Tanaman Kayu Apu	77
33. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter BOD untuk Variasi Berat Tanaman	79
34. Hasil Pengujian Parameter COD untuk Variasi Berat Tanaman Kayu Apu	79
35. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter COD untuk Variasi Berat Tanaman	81
36. Hasil Pengujian Parameter TSS untuk Variasi Berat Tanaman Kayu Apu	82
37. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter TSS untuk Variasi Berat Tanaman	84
38. Hasil Pengujian Parameter Fosfat untuk Variasi Berat Tanaman Kayu Apu	85
39. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter Fosfat untuk Variasi Berat Tanaman	87
40. Hasil Pengujian Parameter Minyak dan Lemak untuk Variasi Berat Tanaman Kayu Apu	87
41. Analisis Statistik Anova Dua Arah Parameter Minyak dan Lemak untuk Variasi Berat Tanaman	89
42. Hasil Perhitungan Densitas Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.i</i>)	90
43. Perbandingan Ketebalan Media dan Berat Tanaman Terhadap Parameter BOD	92
44. Perbandingan Ketebalan Media dan Berat Tanaman Terhadap Parameter COD	93
45. Perbandingan Ketebalan Media dan Berat Tanaman Terhadap Parameter TSS	94
46. Perbandingan Ketebalan Media dan Berat Tanaman Terhadap Parameter Fosfat	95
47. Perbandingan Ketebalan Media dan Berat Tanaman Terhadap Parameter Minyak dan Lemak	96

48. Efisiensi Rata-Rata Variasi Ketebalan Media (M) dan Variasi Berat Tanaman (B)	97
49. Analisis Pengaruh Interaksi Antara Berat Tanaman dan Ketebalan Media untuk Parameter BOD	98
50. Analisis Pengaruh Interaksi Antara Berat Tanaman dan Ketebalan Media untuk Parameter COD	99
51. Analisis Pengaruh Interaksi Antara Berat Tanaman dan Ketebalan Media untuk Parameter TSS	100
52. Analisis Pengaruh Interaksi Antara Berat Tanaman dan Ketebalan Media untuk Parameter Fosfat	101
53. Analisis Pengaruh Interaksi Antara Berat Tanaman dan Ketebalan Media untuk Parameter Minyak dan Lemak	101

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1. Surfaktan	8
2. <i>Sodium Tripolifosfat (STPP)</i>	9
3. Contoh Metode Pengolahan Secara Fisik	14
4. Contoh Metode Pengolahan Secara Biologis (Unit Fitoremediasi)	15
5. Contoh Metode Pengolahan Secara Kimia (Unit Klorinasi)	16
6. Fase Tahapan Daur Hidup <i>Biofilm</i>	17
7. <i>Manganese Greensand</i>	19
8. Karbon Aktif	20
9. Pasir Silika	21
10. Kerikil	22
11. Mekanisme Fitoremediasi	23
12. Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)	25
13. Reaktor Sistem Kontinu	26
14. Skema Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	42
15. Ilustrasi Skema Reaktor Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	43
16. Persiapan Media Biosand Filter	44
17. Persiapan Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)	44
18. Reaktor Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	44
19. Pengambilan Sampel Air Limbah <i>Laundry</i> usaha B2 Laundry	45
20. <i>Running</i> Unit Pengolahan Air Limbah <i>Laundry</i>	48
21. Diagram Alir Penelitian	52
22. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi pH dengan Baku Mutu Untuk Variasi Ketebalan Media	56
23. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi BOD dengan Baku Mutu Untuk Variasi Ketebalan Media	58
24. Variasi Terbaik Ketebalan Media untuk Parameter BOD	59
25. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi COD dengan Baku Mutu Untuk Variasi Ketebalan Media	61
26. Variasi Terbaik Ketebalan Media untuk Parameter COD	63

27. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi TSS dengan Baku Mutu Untuk Variasi Ketebalan Media	65
28. Variasi Terbaik Ketebalan Media untuk Parameter TSS	66
29. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Fosfat dengan Baku Mutu Untuk Variasi Ketebalan Media	68
30. Variasi Terbaik Ketebalan Media untuk Parameter Fosfat	70
31. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Baku Mutu Untuk Variasi Ketebalan Media	72
32. Variasi Terbaik Ketebalan Media untuk Parameter Fosfat	73
33. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi pH dengan Baku Mutu Untuk Variasi Berat Tanaman	76
34. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi BOD dengan Baku Mutu Untuk Variasi Berat Tanaman	78
35. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi COD dengan Baku Mutu Untuk Variasi Berat Tanaman	81
36. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi TSS dengan Baku Mutu Untuk Variasi Berat Tanaman	83
37. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Fosfat dengan Baku Mutu Untuk Variasi Berat Tanaman	86
38. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Fosfat dengan Baku Mutu Untuk Variasi Berat Tanaman	88
39. Grafik Densitas Tanaman Kayu Apu Setiap Waktu (Hari)	91
40. Perbandingan Efisiensi Rata-Rata Variasi Ketebalan Media (M) dan Variasi Berat Tanaman (B) untuk Parameter BOD, COD, TSS, Fosfat, Minyak dan Lemak	98
41. Efisiensi Penyisihan Parameter BOD Setiap Waktu (Hari)	102
42. Efisiensi Penyisihan Parameter COD Setiap Waktu (Hari)	103
43. Efisiensi Penyisihan Parameter TSS Setiap Waktu (Hari)	104
44. Efisiensi Penyisihan Parameter Fosfat Setiap Waktu (Hari)	105
45. Efisiensi Pengolahan Parameter Minyak dan Lemak Setiap Waktu (Hari)	106

DAFTAR LAMPIRAN

nomor

1. Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010
2. Prosedur Pengujian Parameter Kualitas Air Limbah *Laundry*
3. Hasil Pengujian Laboratorium
4. Dokumentasi Kegiatan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan usaha *laundry* sangat pesat perkembangannya terutama di Kota Makassar, masyarakat cenderung memilih kegiatan yang berhubungan dengan hal praktis misalnya *laundry* pakaian di serahkan kepada usaha jasa *laundry*. Air limbah *laundry* apabila dibuang ke badan air atau Lingkungan secara terus menerus tanpa proses pengolahan akan menyebabkan penurunan kualitas air atau Lingkungan dan bahkan dapat menimbulkan masalah pencemaran pada perairan salah satunya adalah eutrofikasi. Eutrofikasi adalah suatu keadaan dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, kondisi oksigen terlarut dan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air menurun (Denny, dkk., 2012).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Taurisna (2020), karakteristik air limbah *laundry* yaitu BOD 178,01 mg/L, COD 201,72 mg/L, TSS, 492 mg/L. Konsentrasi fosfat 31,8 mg/L dan pH 8,3 (Zahro, 2020). Hasil penelitian tersebut jika dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan hidup yang di dalamnya terdapat baku mutu air limbah untuk industri sabun, detergen, dan produk-produk nabati, konsentrasi parameter ini telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, maka diperlukan upaya pengolahan untuk mencegah bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah *laundry*.

Penyisihan BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak dalam air limbah *laundry* dapat dilakukan secara biologis, fisik, dan kimia. Pada suatu keadaan yang terdapat bahan organik yang bersifat *non-biodegradable* lebih tinggi, pengolahan fisik lebih di sarankan. Apa lagi jika di dalam air limbah *laundry* tersebut terdapat senyawa yang bersifat toksik. Dalam menentukan jenis pengolahan yang akan dilakukan perlu mengetahui dari karakteristik air limbah melalui rasio BOD/COD.

Mangkoedihardjo dkk., (2006), menyebutkan jika rasio BOD/COD antara 0,1-1,0 maka dapat diolah melalui proses biologis atau bersifat *biodegradable* dan *non-biodegradable*. Dari penelitian yang dilakukan Taurisna (2020), didapatkan bahwa rasio BOD/COD dari air limbah *laundry* >0,5, sehingga pengolahan biologis dapat ditawarkan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah *laundry* dilakukan dengan cara pengolahan biologis, fisik, dan kimia dengan mengaplikasikan Biosand Filter atau lebih dikenal dengan saringan pasir lambat memiliki media yang terdiri dari *manganese greensand*, karbon aktif, pasir silika dan kerikil. Berdasarkan penelitian Zahro (2020), efisiensi penyisihan bahan pencemar dengan menggunakan biosand filter adalah BOD 68,56%, COD 65,78%, TSS 66,7%, fosfat 16,35 dan pH 12,04%. Biosand filter *manganese greensand* dapat mengikat ion fosfat dan juga menurunkan kadar COD yang terkandung dalam air limbah *laundry*. Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben penghilang warna dan pemurnian air. Pasir silika berfungsi untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan dan bau. Kerikil berfungsi sebagai media penyangga untuk menyaring partikel kasar yang ada di dalam air limbah *laundry*. Biosand filter memiliki lapisan *biofilm* yang dapat menurunkan parameter pencemar dalam air limbah *laundry* seperti BOD, COD, fosfat, minyak dan lemak. Ketika dilakukan pengolahan pada air limbah *laundry* tersebut didapatkan efisiensi fosfat ketika dibuang ke lingkungan masih tidak sesuai standar baku mutu, maka diperlukan pengolahan tambahan yaitu fitoremediasi.

Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pengolahan limbah lain yaitu mengurangi kadar bahan organik yang terkandung dalam air limbah *laundry*, selain itu keunggulan lain yaitu biaya operasional relatif murah, mudah diaplikasikan, tumbuhan mudah dikontrol pertumbuhannya, dan salah satu alternatif pengolahan yang ramah lingkungan (Zahro, 2020). Fitoremediasi dikenal sebagai media yang memanfaatkan tanaman untuk menurunkan dan menghilangkan beban pencemar pada badan air. Jenis tanaman yang dipilih adalah Kayu Apu (*Pistia startiotes L.*) karena merupakan salah satu jenis tanaman yang mudah berkembang biak. Berdasarkan hasil pengujian air

limbah *laundry* sebelum diolah didapatkan konsentrasi BOD sebesar 103,74 mg/L COD 239,25 mg/L dan fosfat 16 mg/L dengan efisiensi pengolahan masing-masing sebesar 8,753%, 20,33%, dan 46,875% (Istighfari dkk., 2018). Berdasarkan hasil pengujian air limbah *laundry* efisiensi pengolahan fitoremediasi kayu apu terhadap air limbah *laundry* dengan BOD sebesar 64,02%, COD 59,93%, TSS 63,82%, fosfat 46,87%.

Salah satu usaha *laundry* yang membuang limbahnya ke badan air tanpa melakukan pengolahan adalah B2 Laundry Jl. Poros Malino, Bontomarannu Gowa. Setelah penelitian melakukan wawancara dengan pemilik tempat B2 Laundry air limbah *laundry* yang dihasilkan sebesar 60-100 L/hari. Dikarenakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) mampu mengurangi kadar BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak dan pH maka dilakukan penelitian untuk mengetahui efisiensi pengurangan kadar BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak, dan pH yang terkandung dalam air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan judul : **“Pengolahan Air Limbah *Laundry* menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik sampel air limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan penurunan pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak oleh variasi ketebalan media dengan berat tanaman pada pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)?
3. Bagaimana efisiensi pengurangan parameter pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak pada air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis karakteristik sampel air limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian.
2. Untuk menganalisis pengaruh perbandingan penurunan pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak oleh variasi ketebalan media dengan berat tanaman pada pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).
3. Untuk menganalisis seberapa efisien pengurangan parameter pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak pada air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Manfaat bagi Departemen Teknik Lingkungan
Sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan riset pengolahan limbah khususnya limbah *laundry* dengan menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).
2. Manfaat bagi masyarakat
Dapat membuktikan secara ilmiah dan memberikan informasi kepada masyarakat terkait pemanfaatan pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).
3. Manfaat bagi peneliti
Sebagai pemenuhan Tugas Akhir dalam jenjang perguruan tinggi Strata-I dan pengembangan kemampuan dari ilmu yang telah didapatkan.

E. Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan atau ruang lingkup dalam penelitian ini, yaitu

1. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium.
2. Rancangan reaktor pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*). Biosand filter terdiri dari empat media yaitu *manganese greensand*, karbon aktif, pasir silika dan kerikil.
3. Parameter yang diteliti dari pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) adalah pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak.
4. Variabel yang digunakan ketebalan media dan berat tanaman Kayu Apu.
5. Sistem aliran yang digunakan adalah sistem kontinu.
6. Sampel air limbah *laundry* berasal dari air limbah usaha B2 Laundry, Jl. Poros Malino, Bontomarannu, Gowa.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang masing-masing bab membahas masalah tersendiri, selanjutnya sistematika laporan ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bab awal tugas akhir yang isinya mengantar tentang apa, mengapa dan untuk apa suatu topik diteliti. Dengan demikian bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup, dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSATAKA

Bab ini menjelaskan tentang referensi, acuan yang relevan, asli dan menguraikan teori-teori umum yang mendasar pada masalah yang diteliti. Tinjauan pustaka menimbulkan gagasan penelitian yang dilakukan. Tinjauan Pustaka menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran/konsep yang akan digunakan pada penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang rencana penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan, populasi dan sampel, teknik pengumpulan, dan teknik analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data-data hasil penelitian yang telah dikumpulkan, analisis data, hasil analisis yang telah dibandingkan dengan teori dan penelitian sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan menyeluruh terhadap tujuan penelitian serta saran-saran untuk perbaikan atau aspek yang perlu dikaji lebih lanjut dalam penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Air Limbah *Laundry*

Air limbah adalah sisa buangan air yang dihasilkan oleh suatu industri atau kegiatan rumah tangga yang mengandung zat tersuspensi dan terlarut yang dibuang ke Lingkungan dan dapat menurunkan kualitas lingkungan (Dea, 2017). Salah satu sumber air limbah yaitu air limbah domestik. Air limbah domestik adalah sisa hasil kegiatan manusia yang tidak terpakai, Contoh air limbah domestik yaitu air limbah *laundry*. Air limbah *laundry* merupakan air limbah buangan yang berasal dari aktivitas rumah tangga atau usaha *laundry* dengan menggunakan detergen, sabun, dan bahan-bahan berbahaya ketika dibuang ke lingkungan. Air limbah *laundry* yang dihasilkan oleh usaha *laundry* mengandung zat organik yang berbahaya sehingga keberadaannya di badan air dapat merusak lingkungan sekitarnya (Zahro, 2020).

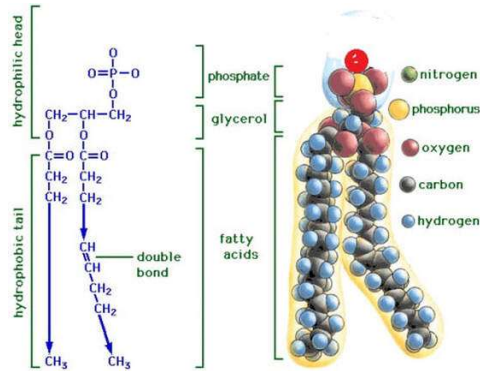
Air limbah *laundry* mengandung detergen dalam jumlah tertentu yang dapat mencemari lingkungan karena menimbulkan banyak busa pada permukaan air sehingga menghambat masuknya atau kelarutan kontak oksigen di udara dengan air. Air limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, karena selain menimbulkan bau, air limbah ini sangat berbahaya jika dikonsumsi dan juga berbahaya pada makhluk hidup yang ada di badan air (Dea,2017). Sehingga perlunya pengolahan air limbah dengan tujuan untuk mengurangi penyebaran penyakit menular yang disebabkan oleh patogen yang ada pada badan air dan juga mencegah pencemaran terhadap parameter kualitas air.

Detergen yang ada pada air limbah *laundry* terdiri dari beberapa komponen yang dikelompokkan menjadi;

1. Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* adalah bahan utama yang ada dalam detergen dengan kandungan berkisar antara 20-30%. Surfaktan merupakan suatu molekul yang sekaligus memiliki gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik sehingga

dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak (Dea, 2017). Molekul surfaktan yang memiliki bagian sukar akan air (hidrofilik) dan bagian sukar akan minyak dan lemak (hidrofobik) yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Surfaktan

Sumber: <https://www.gurupendidikan.co.id/fosfolipid-dan-trigliserida/>

Dalam gugus hidrofilik terdapat unsur nitrogen (N) dan fosforus (P) sedangkan gugus hidrofobik terdapat unsur oksigen (O), karbon (C), dan hidrogen (H). Berdasarkan muatannya surfaktan dibagi menjadi empat golongan yaitu:

a. Surfaktan anionik

Surfaktan anionik memiliki karakteristik yang hidrofilik disebabkan karena adanya gugus ionik yang cukup besar. Contohnya *linier alkilbenzen sulfonat* (LAS), alkohol sulfat (AS), alkohol ester sulfat (AES), *alfa olein sulfonat* (AOS), parafin (*secondary alkane sulfonat*, SAS) dan *metil ester sulfonat* (MES).

b. Surfaktan kationik

Surfaktan kationik merupakan surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada kation yang memecah dalam media cair, dengan bagian kepala surfaktan kationik sebagai pembawa sifat aktif permukaan. Contohnya garam *alkil trimetil ammonium*, garam *dialkil-dimethyl ammonium* dan garam *alkil dimethyl benzil ammonium*.

c. Surfaktan nonionik

Surfaktan nonionik merupakan surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan. Contohnya ester gliserol asam lemak, ester sorbitan asam lemak, ester

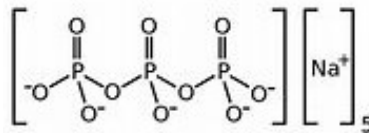
sukrosa asam lemak, polietilena alkil amina, glukamina, alkil poliglukosida, mono alkanol amina, dialkanol amina dan alkil amina oksida

d. Surfaktan amfoter

Surfaktan amfoter merupakan surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif. Contohnya surfaktan yang mengandung asam amino, betain, fosfobetain

2. *Builders* (Pembentuk)

Builders merupakan salah satu komponen paling besar yang terdapat pada detergen berkisar 70-80%. *Builders* (pembentuk) memiliki fungsi untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air (Dea, 2017). Jenis *builders* dalam detergen umumnya berbentuk *sodium tripolifosfat* (STPP). STPP berfungsi untuk meningkatkan kekuatan, menghilangkan dan mengendapkan kotoran dan membantu detergen karena memiliki struktur yang baik (Istighfari, 2018).



Gambar 2. *Sodium Tripolifosfat* (STPP)
Sumber: Istighfari, dkk. (2018)

3. *Bleaching Agent and Additives*

Bahan tambahan dalam detergen berkisar 2-8% dan digunakan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelembut, pewarna dan lain sebagainya. Pewangi dan pemutih mengandung bahan-bahan berupa senyawa yang berbasis sodium. Keunggulan sodium adalah mudah melarutkan partikel-partikel dalam air, namun sodium sulit dipisahkan dari air. Kandungan sodium tersebut akan mempengaruhi kadar garam dalam air dan akan berdampak pada penurunan kualitas air apabila langsung dibuang ke badan air. *Bleaching agents* yang banyak digunakan biasanya adalah senyawa-senyawa peroksida. Aditif merupakan bagian terkecil dari detergen yang dapat berupa enzim, senyawa anti redeposisi seperti

Carboxyl Methyl Cellulose (CMC), *Carboxyl Methyl Starch* (CMS), senyawa pengatur busa (*foam regulator*) seperti *Fatty Acid Amides* dan *Fatty Acid Alkanolamine* (Ciabatti dkk., 2009).

B. Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

Standar baku mutu usaha *laundry* telah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup yang di dalamnya terdapat baku mutu air limbah untuk industri sabun, detergen, dan produk-produk nabati. Peraturan ini merupakan suatu usaha dan/atau kegiatan untuk pengelolaan kualitas lingkungan pada sumbernya sebelum dibuang ke badan air serta dijadikan sebagai landasan hukum dalam penindakan pihak yang tidak melakukan pengolahan air limbah. Standar ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

Parameter	Kadar Tertinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)		
		Sabun	Minyak nabati	Detergen
BOD ₅	75	0,60	1,88	0,075
COD	160	1,28	4,50	0,18
TSS	60	0,48	1,50	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,375	0,015
Fosfat (PO ₄)	1	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,003
pH	6,0-9,0			
Debit Limbah Paling Tinggi Sabun		8 m ³ per ton produk sabun	25 m ³ per ton produk minyak nabati	1 m ³ per ton produk detergen

Sumber: Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010

C. Parameter Kualitas Air Limbah *Laundry*

Berdasarkan baku mutu Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 parameter kualitas air limbah *laundry* sebagai berikut.

1. *Power of Hydrogen (pH)*

pH merupakan suatu parameter yang melihat ukuran konsentrasi ion hidrogen (H) yang diukur menggunakan pH meter atau kertas lakmus. pH yang tidak netral pada air limbah akan mengganggu proses biologis. Analisa pH dilakukan untuk mengetahui besarnya pH air limbah dengan menggunakan pH meter. Semakin rendah suatu larutan maka akan bersifat asam sebaliknya semakin tinggi nilai pH maka bersifat basa. pH netral berkisar 6-9 (Alfonso, 2021). Berdasarkan penelitian Zahro (2020), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki nilai pH sebesar 8,3 dan jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* maka nilai pH sesuai dengan baku mutu.

2. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam air untuk mendegradasi senyawa organik yang ada di suatu lingkungan (Pane, 2019).

BOD tidak menunjukkan besaran bahan pencemar secara kuantitatif, melainkan pengukuran jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai senyawa organik. Jika konsumsi oksigen tinggi di dalam badan air maka keadaan oksigen terlarut di dalam badan air semakin rendah. Air yang dinyatakan bersih akan mengandung mikroorganisme yang lebih sedikit jika dibanding dengan air tercemar.

Berdasarkan penelitian Zahro (2020), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar BOD sebesar 180 mg/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada Tabel 1, kadar BOD melebihi baku mutu. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar BOD dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar BOD pada air limbah *laundry* digunakan SNI 6989.72: 2009 tentang Air dan Limbah Cair: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*).

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah uji yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk menguraikan senyawa organik di dalam air. COD menunjukkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengujian BOD, ini disebabkan karena bahan-bahan yang lebih stabil terhadap reaksi biologi juga teroksidasi dalam uji BOD (Pane, 2019).

Berdasarkan penelitian Zahro (2020), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar COD sebesar 500 gr/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang tersaji pada Tabel 1, kadar COD melebihi baku mutu. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar COD dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar COD pada air limbah *laundry* digunakan SNI 6989.15: 2009 tentang Air dan Limbah Cair: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi) *Chemical Oxygen Demand*(COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri.

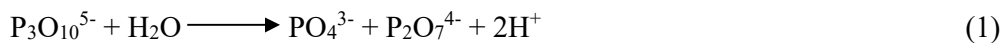
4. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) dikenal dengan nama lain yaitu zat padatan tersuspensi adalah zat padat yang tertahan oleh saringan yang berukuran pori 0,47 μm dan dikeringkan pada temperatur 70°C. Keberadaan TSS dalam air berasal dari tanah liat, logam seperti mangan dan zat organik (Fadhli, 2020).

Berdasarkan penelitian Alfonso (2021), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar TSS sebesar 184 mg/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada Tabel 1, kadar TSS melebihi baku mutu. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar TSS dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar TSS pada air limbah digunakan SNI 6989.2: 2009: tentang Air dan Limbah Cair: Cara Uji Padatan Tersuspensi Solids (TSS) secara gravimetri.

5. Fosfat (PO₄)

Limbah *laundry* yang dihasilkan oleh detergen mengandung fosfat yang tinggi. Fosfat berasal dari *Sodium Tripolyphospat* (STTP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. *Sodium Tripolyphospat* (STTP) ini berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal. *Sodium Tripolyphospat* (STTP) ini akan terhidrolisis menjadi PO₄ dan P₂O₇ yang selanjutnya juga terhidrolisis menjadi PO₄ (Dea,2017). Reaksinya adalah sebagai berikut:



Unsur fosfat (P) adalah salah satu nutrisi utama yang sangat penting bagi penumbuhan bakteri dan tanaman di samping Nitrogen (N) dan Kalium (K). Peranan fosfat yang terpenting adalah memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran serta memacu pertumbuhan generatif tanaman (Dea,2017).

Dalam pengolahan air limbah fosfat dapat disisihkan dengan proses fisika, kimia maupun biologi. Berdasarkan penelitian Istighfari dkk. (2018), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar fosfat sebesar 16 mg/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada Tabel 1, kadar fosfat melebihi baku mutu. Adanya fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar fosfat dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar fosfat digunakan SNI 06-6989.31-2005 Tentang Air dan air limbah-Bagian 31: Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara askorbat.

6. Minyak dan Lemak

Minyak dan Lemak dalam air limbah atau yang lebih dikenal sebagai *Oil and Grease* adalah kumpulan senyawa yang menutupi material yang terlarut di dalam air yang dalam hal ini adalah air limbah. Parameter ini masuk ke dalam parameter baku mutu limbah dikarenakan kandungan minyak dan lemak dalam air

tergolong berbahaya untuk kehidupan akuatik maupun manusia. Kandungan dalam minyak dan lemak terdiri dari senyawa lipid, senyawa ester, alkohol, dan senyawa volatil lainnya. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa yang tidak larut dalam air dan rata-rata memiliki massa jenis yang lebih ringan dari air sehingga senyawa-senyawa ini mengapung di atas permukaan air.

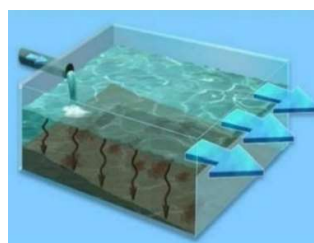
Kadar minyak dan lemak dalam air limbah dapat digunakan metode gravimetri (perbandingan berat) sesuai dengan SNI 6989. 10-2011 Air dan Air Limbah – Bagian 10: Cara Uji Minyak dan lemak Secara Gravimetri.

D. Metode Pengolahan Air Limbah *Laundry*

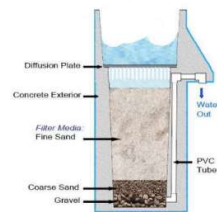
Menurut sifat air limbah metode pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga proses yaitu proses fisika, kimia dan biologis. Proses ini tidak hanya berjalan sendiri namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi.

1. Metode Pengolahan Secara Fisik

Metode pengolahan secara fisik untuk air limbah dikenal dengan pengolahan awal (*primary treatment*) adalah metode pengolahan sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan. Metode pengolahan fisik dilakukan agar bahan-bahan terapung yang disisihkan terlebih dahulu. Beberapa unit pengolahan yang diaplikasikan pada proses pengolahan air limbah secara fisik yaitu, penyaringan (*screening*), penyeragaman (*equalization*), pengendapan (*sedimentation*), penyaringan (*filtration*), dan mengapung (*floatation*) (Fadhli, 2020). Contohnya yaitu unit sedimentasi dan unit filtrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) Unit Sedimentasi

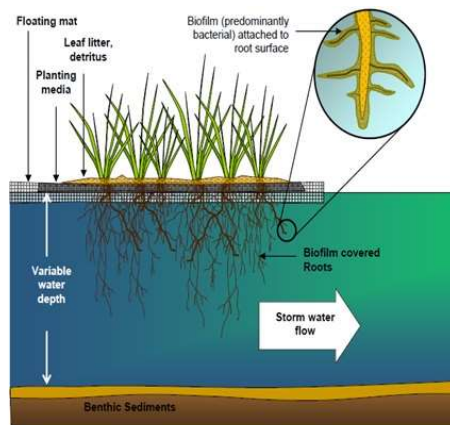


(b) Unit Filtrasi

Gambar 3. Contoh Metode Pengolahan Secara Fisik

2. Metode Pengolahan Secara Biologi

Semua polutan air yang bersifat *biodegradable* dapat diolah secara biologis, sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologis banyak digunakan sebagai pengolahan karena yang paling murah dan efisien. Pengolahan air limbah secara biologis bertujuan untuk menghilangkan bahan organik, anorganik, amoniak dan fosfat dengan menggunakan mikroorganisme seperti ganggang, protozoa, dan tanaman (Istighfari dkk., 2018). Metode pengolahan tersebut mempunyai tahapan seperti pengolahan secara aerob, anaerob, fakultatif, dan fitoremediasi. Contoh gambar metode pengolahan secara biologis dapat dilihat pada Gambar 4.

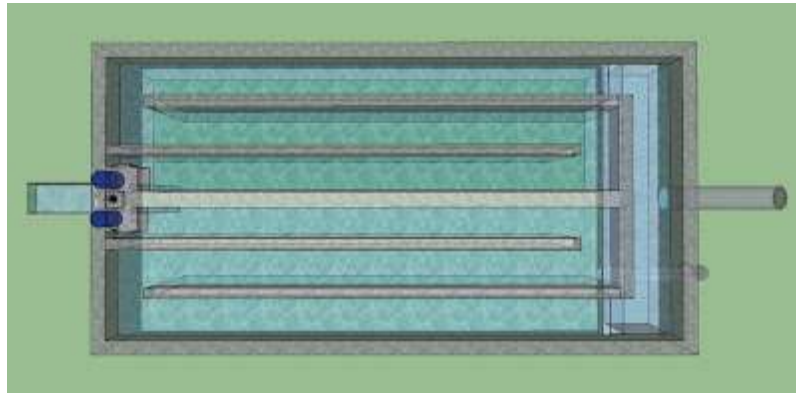


Gambar 4. Contoh Metode Pengolahan Secara Biologis (Unit Fitoremediasi)
Sumber: <https://www.floatingislandinternational.com/biohaven-floating-islands.html>

3. Metode Pengolahan Secara Kimia

Metode pengolahan secara kimia adalah suatu metode pengolahan menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat tercemar dalam air limbah dengan penambahan bahan kimia (padat, cair, dan gas) dan juga dapat digunakan untuk meningkatkan pembuangan bahan tersuspensi (Fadhli, 2020). Beberapa proses pengolahan secara kimia untuk air limbah meliputi pengendapan kimiawi, klorinasi, netralisasi, presipitasi, koagulasi dan flokulasi. Metode ini dapat digunakan karena dapat memperoleh efisiensi pengolahan yang tinggi akan tetapi

biaya yang diperlukan menjadi mahal (Alfonso, 2021). Contoh gambar metode pengolahan secara kimia yaitu unit klorinasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh Metode Pengolahan Secara Kimia (Unit Klorinasi)

Sumber: https://herinarmada.blogspot.com/2011_06_01_archive.html

E. Proses Pengolahan Air Limbah *Laundry*

Untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan terkait pencemaran air limbah *laundry*, maka dapat dilakukan pengolahan dengan menggunakan beberapa teknologi dengan biaya operasional murah dan tepat guna dengan menggunakan metode pengolahan fisik dan kimia. Adapun teknologi yang dapat digunakan antara lain.

1. Biosand Filter

Biosand filter atau saringan pasir lambar merupakan salah satu unit pengolahan yang menggunakan media pasir sebagai penyaring dan batuan dengan beberapa gradasi ukuran sebagai media penyangga (Bahari, 2016).

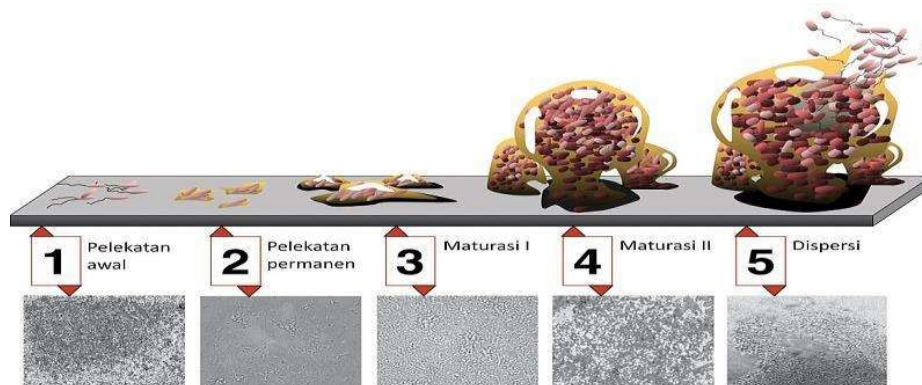
Media biosand filter dilakukan penumbuhan bakteri yang dilakukan dengan mengalirkan air limbah dengan sistem kontinu sehingga terjadi proses biologis di dalamnya. Mikroorganisme yang tumbuh pada lapisan media disebut *schmutzdecke* atau *biofilm*. Mikroorganisme dalam *biofilm* mengonsumsi patogen karena mereka terperangkap di dalam dan di permukaan pasir; mekanisme filtrasi lainnya mendukung peningkatan kualitas. *Biofilm* dapat tumbuh dengan tersedianya unsur

(C), nitrogen (N), dan fosfor (P) dengan rentang waktu 5-20 hari. Unsur tersebut merupakan nutrisi utama yang dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh. Pertumbuhan lapisan *biofilm* dapat mencapai ketebalan yang berkisar antara 100 mikro meter sampai 10 mm tergantung pada kondisi tempat *biofilm* tumbuh (Metcalf dan Eddy, 2004).

Pada lapisan *schmutzdecke* akan terjadi proses penurunan partikel tersuspensi, bahan organik dan bakteri melalui proses oksidasi biologi maupun kimiawi (Puspitahati dkk., 2012).

Menurut Rustanto dkk. (2012), pembentukan *biofilm* yang meliputi 5 tahap sebagai berikut:

- a. Pelekatan awal, mikroba melekat pada permukaan suatu benda dan dapat diperantarai oleh Fili (rambut halus sel).
- b. Pelekatan permanen, mikroba melekat dengan bantuan *eksopolisakarida* (EPS).
- c. Maturasi I, tahapan ini merupakan proses pematangan *biofilm* tahap awal.
- d. Maturasi II, tahapan ini merupakan proses pematangan *biofilm* tahap akhir, mikroba siap untuk menyebar.
- e. Dispersi sebagian bakteri akan menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.



Gambar 6. Fase Tahapan Daur Hidup *Biofilm*
 Sumber: Rustanto dan Karnaningroem (2012)

Wadah filter dapat terbuat dari beton, plastik dan/atau kaca. Beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas daya serap adsorben sebagai berikut.

- a. Sifat adsorpsi, ketika luas permukaan adsorben besar maka laju adsorpsi juga meningkat. Dosis arang aktif yang digunakan harus diperhitungkan dan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan usaha *laundry* sangat pesat perkembangannya terutama di Kota Makassar, masyarakat cenderung memilih kegiatan yang berhubungan dengan hal praktis misalnya *laundry* pakaian di serahkan kepada usaha jasa *laundry*. Air limbah *laundry* apabila dibuang ke badan air atau Lingkungan secara terus menerus tanpa proses pengolahan akan menyebabkan penurunan kualitas air atau Lingkungan dan bahkan dapat menimbulkan masalah pencemaran pada perairan salah satunya adalah eutrofikasi. Eutrofikasi adalah suatu keadaan dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, kondisi oksigen terlarut dan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air menurun (Denny, dkk., 2012).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Taurisna (2020), karakteristik air limbah *laundry* yaitu BOD 178,01 mg/L, COD 201,72 mg/L, TSS, 492 mg/L. Konsentrasi fosfat 31,8 mg/L dan pH 8,3 (Zahro, 2020). Hasil penelitian tersebut jika dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan hidup yang di dalamnya terdapat baku mutu air limbah untuk industri sabun, detergen, dan produk-produk nabati, konsentrasi parameter ini telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, maka diperlukan upaya pengolahan untuk mencegah bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah *laundry*.

Penyisihan BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak dalam air limbah *laundry* dapat dilakukan secara biologis, fisik, dan kimia. Pada suatu keadaan yang terdapat bahan organik yang bersifat *non-biodegradable* lebih tinggi, pengolahan fisik lebih di sarankan. Apa lagi jika di dalam air limbah *laundry* tersebut terdapat senyawa yang bersifat toksik. Dalam menentukan jenis pengolahan yang akan dilakukan perlu mengetahui dari karakteristik air limbah melalui rasio BOD/COD. Mangkoedihardjo dkk., (2006), menyebutkan jika rasio BOD/COD antara 0,1-1,0

maka dapat diolah melalui proses biologis atau bersifat *biodegradable* dan *non-biodegradable*. Dari penelitian yang dilakukan Taurisna (2020), didapatkan bahwa rasio BOD/COD dari air limbah *laundry* >0,5, sehingga pengolahan biologis dapat ditawarkan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah *laundry* dilakukan dengan cara pengolahan biologis, fisik, dan kimia dengan mengaplikasikan Biosand Filter atau lebih dikenal dengan saringan pasir lambat memiliki media yang terdiri dari *manganese greensand*, karbon aktif, pasir silika dan kerikil. Berdasarkan penelitian Zahro (2020), efisiensi penyisihan bahan pencemar dengan menggunakan biosand filter adalah BOD 68,56%, COD 65,78%, TSS 66,7%, fosfat 16,35 dan pH 12,04%. Biosand filter *manganese greensand* dapat mengikat ion fosfat dan juga menurunkan kadar COD yang terkandung dalam air limbah *laundry*. Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben penghilang warna dan pemurnian air. Pasir silika berfungsi untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan dan bau. Kerikil berfungsi sebagai media penyangga untuk menyaring partikel kasar yang ada di dalam air limbah *laundry*. Biosand filter memiliki lapisan *biofilm* yang dapat menurunkan parameter pencemar dalam air limbah *laundry* seperti BOD, COD, fosfat, minyak dan lemak. Ketika dilakukan pengolahan pada air limbah *laundry* tersebut didapatkan efisiensi fosfat ketika dibuang ke lingkungan masih tidak sesuai standar baku mutu, maka diperlukan pengolahan tambahan yaitu fitoremediasi.

Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pengolahan limbah lain yaitu mengurangi kadar bahan organik yang terkandung dalam air limbah *laundry*, selain itu keunggulan lain yaitu biaya operasional relatif murah, mudah diaplikasikan, tumbuhan mudah dikontrol pertumbuhannya, dan salah satu alternatif pengolahan yang ramah lingkungan (Zahro, 2020). Fitoremediasi dikenal sebagai media yang memanfaatkan tanaman untuk menurunkan dan menghilangkan beban pencemar pada badan air. Jenis tanaman yang dipilih adalah Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) karena merupakan salah satu jenis tanaman yang mudah berkembang biak. Berdasarkan hasil pengujian air limbah *laundry* sebelum diolah didapatkan konsentrasi BOD sebesar 103,74 mg/L

COD 239,25 mg/L dan fosfat 16 mg/L dengan efisiensi pengolahan masing-masing sebesar 8,753%, 20,33%, dan 46,875% (Istighfari dkk., 2018). Berdasarkan hasil pengujian air limbah *laundry* efisiensi pengolahan fitoremediasi kayu apu terhadap air limbah *laundry* dengan BOD sebesar 64,02%, COD 59,93%, TSS 63,82%, fosfat 46,87%.

Salah satu usaha *laundry* yang membuang limbahnya ke badan air tanpa melakukan pengolahan adalah B2 Laundry Jl. Poros Malino, Bontomarannu Gowa. Setelah penelitian melakukan wawancara dengan pemilik tempat B2 Laundry air limbah *laundry* yang dihasilkan sebesar 60-100 L/hari. Dikarenakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) mampu mengurangi kadar BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak dan pH maka dilakukan penelitian untuk mengetahui efisiensi pengurangan kadar BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak, dan pH yang terkandung dalam air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dengan judul : “**Pengolahan Air Limbah Laundry menggunakan Biosand Filter dan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)**”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik sampel air limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan penurunan pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak oleh variasi ketebalan media dengan berat tanaman pada pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)?
3. Bagaimana efisiensi pengurangan parameter pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak pada air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis karakteristik sampel air limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian.
2. Untuk menganalisis pengaruh perbandingan penurunan pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak oleh variasi ketebalan media dengan berat tanaman pada pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).
3. Untuk menganalisis seberapa efisien pengurangan parameter pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak pada air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Manfaat bagi Departemen Teknik Lingkungan
Sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan riset pengolahan limbah khususnya limbah *laundry* dengan menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).
2. Manfaat bagi masyarakat
Dapat membuktikan secara ilmiah dan memberikan informasi kepada masyarakat terkait pemanfaatan pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).
3. Manfaat bagi peneliti
Sebagai pemenuhan Tugas Akhir dalam jenjang perguruan tinggi Strata-I dan pengembangan kemampuan dari ilmu yang telah didapatkan.

E. Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan atau ruang lingkup dalam penelitian ini, yaitu

1. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium.
2. Rancangan reaktor pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*). Biosand filter terdiri dari empat media yaitu *manganese greensand*, karbon aktif, pasir silika dan kerikil.
3. Parameter yang diteliti dari pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) adalah pH, BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak.
4. Variabel yang digunakan ketebalan media dan berat tanaman Kayu Apu.
5. Sistem aliran yang digunakan adalah sistem kontinu.
6. Sampel air limbah *laundry* berasal dari air limbah usaha B2 Laundry, Jl. Poros Malino, Bontomarannu, Gowa.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang masing-masing bab membahas masalah tersendiri, selanjutnya sistematika laporan ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bab awal tugas akhir yang isinya mengantar tentang apa, mengapa dan untuk apa suatu topik diteliti. Dengan demikian bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup, dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSATAKA

Bab ini menjelaskan tentang referensi, acuan yang relevan, asli dan menguraikan teori-teori umum yang mendasar pada masalah yang diteliti. Tinjauan pustaka menimbulkan gagasan penelitian yang dilakukan. Tinjauan Pustaka menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran/konsep yang akan digunakan pada penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang rencana penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan, populasi dan sampel, teknik pengumpulan, dan teknik analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data-data hasil penelitian yang telah dikumpulkan, analisis data, hasil analisis yang telah dibandingkan dengan teori dan penelitian sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan menyeluruh terhadap tujuan penelitian serta saran-saran untuk perbaikan atau aspek yang perlu dikaji lebih lanjut dalam penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Air Limbah *Laundry*

Air limbah adalah sisa buangan air yang dihasilkan oleh suatu industri atau kegiatan rumah tangga yang mengandung zat tersuspensi dan terlarut yang dibuang ke Lingkungan dan dapat menurunkan kualitas lingkungan (Dea, 2017). Salah satu sumber air limbah yaitu air limbah domestik. Air limbah domestik adalah sisa hasil kegiatan manusia yang tidak terpakai, Contoh air limbah domestik yaitu air limbah *laundry*. Air limbah *laundry* merupakan air limbah buangan yang berasal dari aktivitas rumah tangga atau usaha *laundry* dengan menggunakan detergen, sabun, dan bahan-bahan berbahaya ketika dibuang ke lingkungan. Air limbah *laundry* yang dihasilkan oleh usaha *laundry* mengandung zat organik yang berbahaya sehingga keberadaannya di badan air dapat merusak lingkungan sekitarnya (Zahro, 2020).

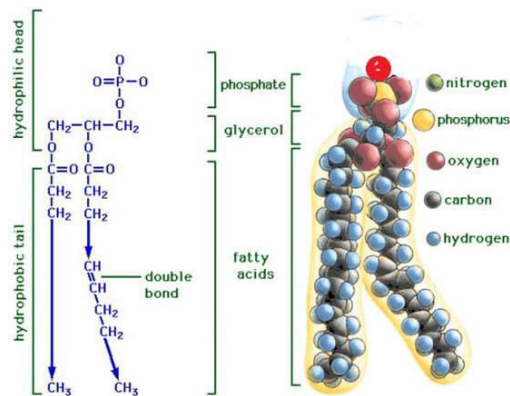
Air limbah *laundry* mengandung detergen dalam jumlah tertentu yang dapat mencemari lingkungan karena menimbulkan banyak busa pada permukaan air sehingga menghambat masuknya atau kelarutan kontak oksigen di udara dengan air. Air limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, karena selain menimbulkan bau, air limbah ini sangat berbahaya jika dikonsumsi dan juga berbahaya pada makhluk hidup yang ada di badan air (Dea,2017). Sehingga perlunya pengolahan air limbah dengan tujuan untuk mengurangi penyebaran penyakit menular yang disebabkan oleh patogen yang ada pada badan air dan juga mencegah pencemaran terhadap parameter kualitas air.

Detergen yang ada pada air limbah *laundry* terdiri dari beberapa komponen yang dikelompokkan menjadi;

1. Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* adalah bahan utama yang ada dalam detergen dengan kandungan berkisar antara 20-30%. Surfaktan merupakan suatu

molekul yang sekaligus memiliki gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak (Dea, 2017). Molekul surfaktan yang memiliki bagian sukar akan air (hidrofilik) dan bagian sukar akan minyak dan lemak (hidrofobik) yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Surfaktan

Sumber: <https://www.gurupendidikan.co.id/fosfolipid-dan-trigliserida/>

Dalam gugus hidrofilik terdapat unsur nitrogen (N) dan fosforus (P) sedangkan gugus hidrofobik terdapat unsur oksigen (O), karbon (C), dan hidrogen (H). Berdasarkan muatannya surfaktan dibagi menjadi empat golongan yaitu:

a. Surfaktan anionik

Surfaktan anionik memiliki karakteristik yang hidrofilik disebabkan karena adanya gugus ionik yang cukup besar. Contohnya *linier alkilbenzen sulfonat* (LAS), alkohol sulfat (AS), alkohol ester sulfat (AES), *alfa olein sulfonat* (AOS), parafin (*secondary alkane sulfonat*, SAS) dan *metil ester sulfonat* (MES).

b. Surfaktan kationik

Surfaktan kationik merupakan surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada kation yang memecah dalam media cair, dengan bagian kepala surfaktan kationik sebagai pembawa sifat aktif permukaan. Contohnya garam *alkil trimethyl ammonium*, garam *dialkil-dimethyl ammonium* dan garam *alkil dimethyl benzil ammonium*.

c. Surfaktan nonionik

Surfaktan nonionik merupakan surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan. Contohnya ester gliserol asam lemak, ester sorbitan asam lemak, ester

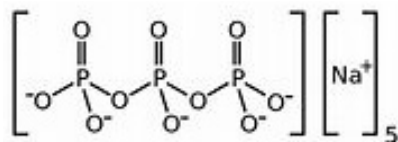
sukrosa asam lemak, polietilena alkil amina, glukamina, alkil poliglukosida, mono alkanol amina, dialkanol amina dan alkil amina oksida

d. Surfaktan amfoter

Surfaktan amfoter merupakan surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif. Contohnya surfaktan yang mengandung asam amino, betain, fosfobetain

2. *Builders* (Pembentuk)

Builders merupakan salah satu komponen paling besar yang terdapat pada detergen berkisar 70-80%. *Builders* (pembentuk) memiliki fungsi untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air (Dea, 2017). Jenis *builders* dalam detergen umumnya berbentuk *sodium tripolifosfat* (STPP). STPP berfungsi untuk meningkatkan kekuatan, menghilangkan dan mengendapkan kotoran dan membantu detergen karena memiliki struktur yang baik (Istighfari, 2018).



Gambar 2. *Sodium Tripolifosfat* (STPP)
Sumber: Istighfari, dkk. (2018)

3. *Bleaching Agent and Additives*

Bahan tambahan dalam detergen berkisar 2-8% dan digunakan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelembut, pewarna dan lain sebagainya. Pewangi dan pemutih mengandung bahan-bahan berupa senyawa yang berbasis sodium. Keunggulan sodium adalah mudah melarutkan partikel-partikel dalam air, namun sodium sulit dipisahkan dari air. Kandungan sodium tersebut akan mempengaruhi kadar garam dalam air dan akan berdampak pada penurunan kualitas air apabila langsung dibuang ke badan air. *Bleaching agents* yang banyak digunakan biasanya adalah senyawa-senyawa peroksida. Aditif merupakan bagian terkecil dari detergen yang dapat berupa enzim, senyawa anti redeposisi seperti

Carboxyl Methyl Cellulose (CMC), *Carboxyl Methyl Starch* (CMS), senyawa pengatur busa (*foam regulator*) seperti *Fatty Acid Amides* dan *Fatty Acid Alkanolamine* (Ciabatti dkk., 2009).

B. Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

Standar baku mutu usaha *laundry* telah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup yang di dalamnya terdapat baku mutu air limbah untuk industri sabun, detergen, dan produk-produk nabati. Peraturan ini merupakan suatu usaha dan/atau kegiatan untuk pengelolaan kualitas lingkungan pada sumbernya sebelum dibuang ke badan air serta dijadikan sebagai landasan hukum dalam penindakan pihak yang tidak melakukan pengolahan air limbah. Standar ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

Parameter	Kadar Tertinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)		
		Sabun	Minyak nabati	Detergen
BOD ₅	75	0,60	1,88	0,075
COD	160	1,28	4,50	0,18
TSS	60	0,48	1,50	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,375	0,015
Fosfat (PO ₄)	1	0,016	0,05	0,002
MBAS	3	0,024	0,075	0,003
pH	6,0-9,0			
Debit Limbah Paling Tinggi Sabun		8 m ³ per ton produk sabun	25 m ³ per ton produk minyak nabati	1 m ³ per ton produk detergen

Sumber: Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010

C. Parameter Kualitas Air Limbah *Laundry*

Berdasarkan baku mutu Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 parameter kualitas air limbah *laundry* sebagai berikut.

1. *Power of Hydrogen (pH)*

pH merupakan suatu parameter yang melihat ukuran konsentrasi ion hidrogen (H) yang diukur menggunakan pH meter atau kertas lakmus. pH yang tidak netral pada air limbah akan mengganggu proses biologis. Analisa pH dilakukan untuk mengetahui besarnya pH air limbah dengan menggunakan pH meter. Semakin rendah suatu larutan maka akan bersifat asam sebaliknya semakin tinggi nilai pH maka bersifat basa. pH netral berkisar 6-9 (Alfonso, 2021). Berdasarkan penelitian Zahro (2020), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki nilai pH sebesar 8,3 dan jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* maka nilai pH sesuai dengan baku mutu.

2. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam air untuk mendegradasi senyawa organik yang ada di suatu lingkungan (Pane, 2019).

BOD tidak menunjukkan besaran bahan pencemar secara kuantitatif, melainkan pengukuran jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai senyawa organik. Jika konsumsi oksigen tinggi di dalam badan air maka keadaan oksigen terlarut di dalam badan air semakin rendah. Air yang dinyatakan bersih akan mengandung mikroorganisme yang lebih sedikit jika dibanding dengan air tercemar.

Berdasarkan penelitian Zahro (2020), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar BOD sebesar 180 mg/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada Tabel 1, kadar BOD melebihi baku mutu. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar BOD dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar BOD pada air limbah *laundry* digunakan SNI 6989.72: 2009 tentang Air dan Limbah Cair: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*).

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah uji yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk menguraikan senyawa organik di dalam air. COD menunjukkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengujian BOD, ini disebabkan karena bahan-bahan yang lebih stabil terhadap reaksi biologi juga teroksidasi dalam uji BOD (Pane, 2019).

Berdasarkan penelitian Zahro (2020), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar COD sebesar 500 gr/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang tersaji pada Tabel 1, kadar COD melebihi baku mutu. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar COD dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar COD pada air limbah *laundry* digunakan SNI 6989.15: 2009 tentang Air dan Limbah Cair: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi) *Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks terbuka secara titrimetri.

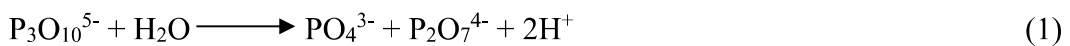
4. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) dikenal dengan nama lain yaitu zat padatan tersuspensi adalah zat padat yang tertahan oleh saringan yang berukuran pori 0,47 μm dan dikeringkan pada temperatur 70°C. Keberadaan TSS dalam air berasal dari tanah liat, logam seperti mangan dan zat organik (Fadhli, 2020).

Berdasarkan penelitian Alfonso (2021), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar TSS sebesar 184 mg/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada Tabel 1, kadar TSS melebihi baku mutu. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar TSS dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar TSS pada air limbah digunakan SNI 6989.2: 2009: tentang Air dan Limbah Cair: Cara Uji Padatan Tersuspensi Solids (TSS) secara gravimetri.

5. Fosfat (PO₄)

Limbah *laundry* yang dihasilkan oleh detergen mengandung fosfat yang tinggi. Fosfat berasal dari *Sodium Tripolyphospat* (STTP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen. *Sodium Tripolyphospat* (STTP) ini berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal. *Sodium Tripolyphospat* (STTP) ini akan terhidrolisis menjadi PO₄ dan P₂O₇ yang selanjutnya juga terhidrolisis menjadi PO₄ (Dea,2017). Reaksinya adalah sebagai berikut:



Unsur fosfat (P) adalah salah satu nutrisi utama yang sangat penting bagi penumbuhan bakteri dan tanaman di samping Nitrogen (N) dan Kalium (K). Peranan fosfat yang terpenting adalah memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran serta memacu pertumbuhan generatif tanaman (Dea,2017).

Dalam pengolahan air limbah fosfat dapat disisihkan dengan proses fisika, kimia maupun biologi. Berdasarkan penelitian Istighfari dkk. (2018), menyatakan bahwa sampel air limbah *laundry* memiliki kadar fosfat sebesar 16 mg/L dan setelah dibandingkan dengan baku mutu air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada Tabel 1, kadar fosfat melebihi baku mutu. Adanya fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis. Oleh karena itu perlunya pengolahan untuk menurunkan kadar fosfat dalam air limbah *laundry*. Untuk menguji kadar fosfat digunakan SNI 06-6989.31-2005 Tentang Air dan air limbah-Bagian 31: Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara askorbat.

6. Minyak dan Lemak

Minyak dan Lemak dalam air limbah atau yang lebih dikenal sebagai *Oil and Grease* adalah kumpulan senyawa yang menutupi material yang terlarut di dalam air yang dalam hal ini adalah air limbah. Parameter ini masuk ke dalam parameter baku mutu limbah dikarenakan kandungan minyak dan lemak dalam air

tergolong berbahaya untuk kehidupan akuatik maupun manusia. Kandungan dalam minyak dan lemak terdiri dari senyawa lipid, senyawa ester, alkohol, dan senyawa volatil lainnya. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa yang tidak larut dalam air dan rata-rata memiliki massa jenis yang lebih ringan dari air sehingga senyawa-senyawa ini mengapung di atas permukaan air.

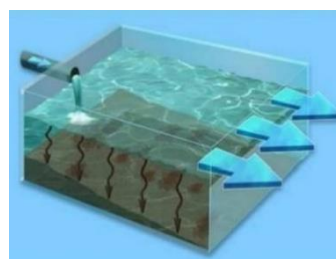
Kadar minyak dan lemak dalam air limbah dapat digunakan metode gravimetri (perbandingan berat) sesuai dengan SNI 6989. 10-2011 Air dan Air Limbah – Bagian 10: Cara Uji Minyak dan lemak Secara Gravimetri.

D. Metode Pengolahan Air Limbah *Laundry*

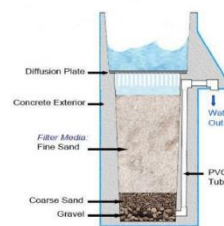
Menurut sifat air limbah metode pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga proses yaitu proses fisika, kimia dan biologis. Proses ini tidak hanya berjalan sendiri namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi.

1. Metode Pengolahan Secara Fisik

Metode pengolahan secara fisik untuk air limbah dikenal dengan pengolahan awal (*primary treatment*) adalah metode pengolahan sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan. Metode pengolahan fisik dilakukan agar bahan-bahan terapung yang disisihkan terlebih dahulu. Beberapa unit pengolahan yang diaplikasikan pada proses pengolahan air limbah secara fisik yaitu, penyaringan (*screening*), penyeragaman (*equalization*), pengendapan (*sedimentation*), penyaringan (*filtration*), dan mengapung (*floatation*) (Fadhli, 2020). Contohnya yaitu unit sedimentasi dan unit filtrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) Unit Sedimentasi

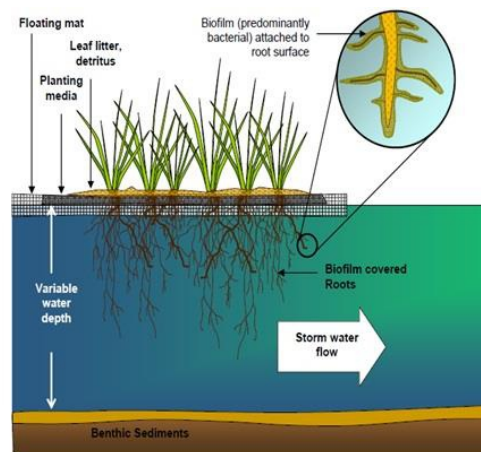


(b) Unit Filtrasi

Gambar 3. Contoh Metode Pengolahan Secara Fisik

2. Metode Pengolahan Secara Biologi

Semua polutan air yang bersifat *biodegradable* dapat diolah secara biologis, sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologis banyak digunakan sebagai pengolahan karena yang paling murah dan efisien. Pengolahan air limbah secara biologis bertujuan untuk menghilangkan bahan organik, anorganik, amoniak dan fosfat dengan menggunakan mikroorganisme seperti ganggang, protozoa, dan tanaman (Istighfari dkk., 2018). Metode pengolahan tersebut mempunyai tahapan seperti pengolahan secara aerob, anaerob, fakultatif, dan fitoremediasi. Contoh gambar metode pengolahan secara biologis dapat dilihat pada Gambar 4.

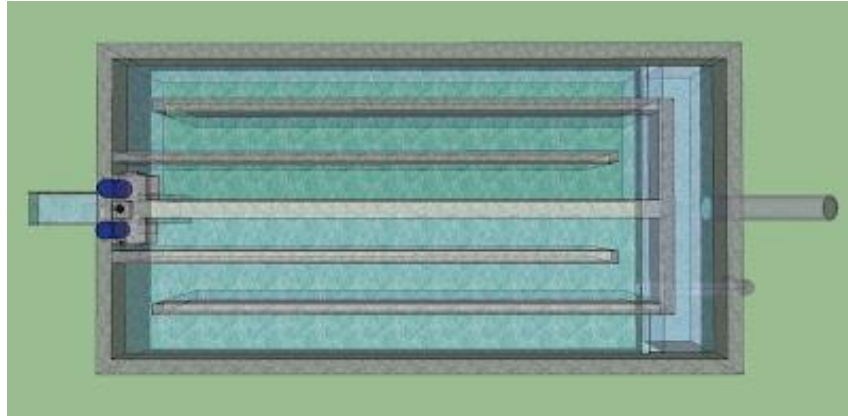


Gambar 4. Contoh Metode Pengolahan Secara Biologis (Unit Fitoremediasi)
Sumber: <https://www.floatingislandinternational.com/biohaven-floating-islands.html>

3. Metode Pengolahan Secara Kimia

Metode pengolahan secara kimia adalah suatu metode pengolahan menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat tercemar dalam air limbah dengan penambahan bahan kimia (padat, cair, dan gas) dan juga dapat digunakan untuk meningkatkan pembuangan bahan tersuspensi (Fadhli, 2020). Beberapa proses pengolahan secara kimia untuk air limbah meliputi pengendapan kimiawi, klorinasi, netralisasi, presipitasi, koagulasi dan flokulasi. Metode ini dapat digunakan karena dapat memperoleh efisiensi pengolahan yang tinggi akan tetapi

biaya yang diperlukan menjadi mahal (Alfonso, 2021). Contoh gambar metode pengolahan secara kimia yaitu unit klorinasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh Metode Pengolahan Secara Kimia (Unit Klorinasi)
Sumber: https://herinarmada.blogspot.com/2011_06_01_archive.html

E. Proses Pengolahan Air Limbah *Laundry*

Untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan terkait pencemaran air limbah *laundry*, maka dapat dilakukan pengolahan dengan menggunakan beberapa teknologi dengan biaya operasional murah dan tepat guna dengan menggunakan metode pengolahan fisik dan kimia. Adapun teknologi yang dapat digunakan antara lain.

1. Biosand Filter

Biosand filter atau saringan pasir lambar merupakan salah satu unit pengolahan yang menggunakan media pasir sebagai penyaring dan batuan dengan beberapa gradasi ukuran sebagai media penyangga (Bahari, 2016).

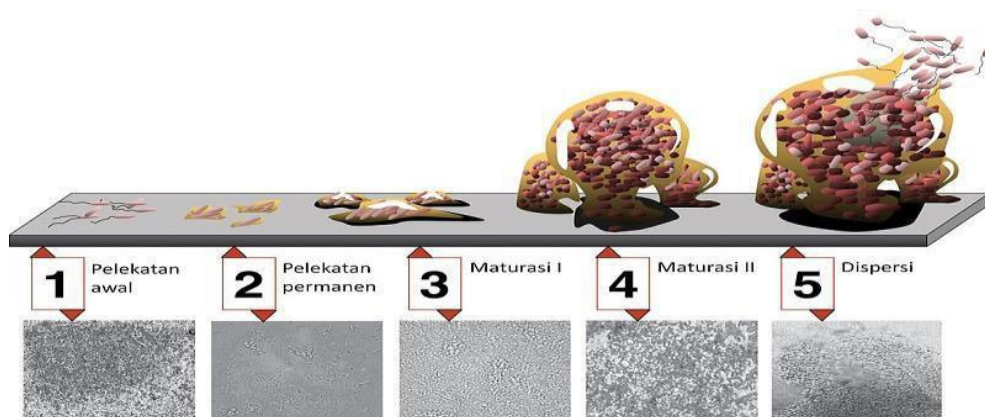
Media biosand filter dilakukan penumbuhan bakteri yang dilakukan dengan mengalirkan air limbah dengan sistem kontinu sehingga terjadi proses biologis di dalamnya. Mikroorganisme yang tumbuh pada lapisan media disebut *schmutzdecke* atau *biofilm*. Mikroorganisme dalam *biofilm* mengonsumsi patogen karena mereka terperangkap di dalam dan di permukaan pasir; mekanisme filtrasi lainnya mendukung peningkatan kualitas. *Biofilm* dapat tumbuh dengan tersedianya unsur

(C), nitrogen (N), dan fosfor (P) dengan rentang waktu 5-20 hari. Unsur tersebut merupakan nutrisi utama yang dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh. Pertumbuhan lapisan *biofilm* dapat mencapai ketebalan yang berkisar antara 100 mikro meter sampai 10 mm tergantung pada kondisi tempat *biofilm* tumbuh (Metcalf dan Eddy, 2004).

Pada lapisan *schmutzdecke* akan terjadi proses penurunan partikel tersuspensi, bahan organik dan bakteri melalui proses oksidasi biologi maupun kimiawi (Puspitahati dkk., 2012).

Menurut Rustanto dkk. (2012), pembentukan *biofilm* yang meliputi 5 tahap sebagai berikut:

- Pelekatan awal, mikroba melekat pada permukaan suatu benda dan dapat diperantarai oleh Flii (rambut halus sel).
- Pelekatan permanen, mikroba melekat dengan bantuan *eksopolisakarida* (EPS).
- Maturasi I, tahapan ini merupakan proses pematangan *biofilm* tahap awal.
- Maturasi II, tahapan ini merupakan proses pematangan *biofilm* tahap akhir, mikroba siap untuk menyebar.
- Dispersi sebagian bakteri akan menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.



Gambar 6. Fase Tahapan Daur Hidup *Biofilm*
Sumber: Rustanto dan Karnaningroem (2012)

Wadah filter dapat terbuat dari beton, plastik dan/atau kaca. Beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas daya serap adsorben sebagai berikut.

- Sifat adsorpsi, ketika luas permukaan adsorben besar maka laju adsorpsi juga meningkat. Dosis arang aktif yang digunakan harus diperhitungkan dan

disarankan untuk menggunakan arang aktif bubuk terlebih dahulu. Sifat adsorpsi adalah bertambahnya ukuran molekul absorpsi, demikian pula adsorpsinya. Proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, struktur rantai dan ikatan rangkap dari senyawa yang teradsorpsi.

- b. Nilai pH (derajat keasaman), proses adsorpsi asam organik dapat meningkat ketika nilai pH turun. Di sisi lain, pH tinggi meningkatkan nilai basa dan adsorpsi menurun.
- c. Waktu kontak, waktu yang dibutuhkan untuk proses adsorpsi ditentukan oleh dosis karbon aktif.

Menurut Lee (2001), kriteria desain biosand filter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Desain Biosand Filter

Parameter Desain	Satuan	Nilai
<i>Fine Sand Size</i>	mm	<1
<i>Coarse Sand size</i>	mm	1-6
<i>Underdrain Gravel Size</i>	mm	6-15
<i>Surface Area Of Sand</i>	m ²	540
<i>Initial Flow Rate</i>	L/min	1
<i>BSF Size</i>	cm	30 x 30 x 100

Sumber: Lee (2001)

Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Balitbang Kementrian Pekerjaan Umum (2014), kriteria desain saringan pasir lambat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Desain Saringan Pasir Lambat

Parameter	Satuan	Kriteria
Kecepatan filtrasi	m/jam	0,1-0,4
Ukuran bed kecil	m ²	40-400
Kedalaman bed	m	1
Ukuran pasir	mm	<i>Effective size</i> >0,555
Pengolahan pendahuluan		Sedimentasi
Rasio lebar terhadap panjang		1:1
Tebal pasir penyaring	m	0,60-1,20
Tebal kerikil penahan	m	0,15-0,30
<i>Freeboard</i>	m	0,20-0,30

Sumber: PUSKIM BALITBANG PU (2014)

Adapun media yang digunakan dalam biosand filter tersusun atas 4 media, yaitu:

a. *Manganese Greensand*

Manganese greensand merupakan zeolit yang dimodifikasi dengan penambahan senyawa mangan lima kali lipat lebih banyak. Karakteristik fisik *manganese greensand* memiliki ciri fisik dapat dilihat pada Tabel 4. Gambar *manganese greensand* dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 4. Karakteristik Fisik *Manganese Greensand*

Karakteristik	Keterangan
Warna	Coklat dan Hitam
<i>Specific Gravity</i>	2,4-2,9
Koefisien Keseragaman	1,6
Ukuran Efektif	0,30-0,35 mm
Ukuran Mesh	16-60

Sumber: Fadila Nevyana (2019)



Gambar 7. *Manganese Greensand*

Kandungan *manganese greensand* (K_2Z , MnO , Mn_2O_7) dapat mengikat ion fosfat dan juga menurunkan COD yang terkandung dalam air limbah *laundry* (Laviana dkk., 2016). Berikut reaksi penyerapan fosfat dan COD oleh *manganese greensand*.

- 1) Reaksi penyerapan fosfat oleh *manganese greensand* dapat dilihat pada persamaan (3).



Pada reaksi tersebut terjadi pengikatan ion fosfat dengan *manganese greensand* yaitu ion negatif fosfat diikat oleh ion positif kalium (K^+).

2) Pada penyerapan COD oleh *manganese greensand* dapat dilihat pada persamaan (4).



Pada reaksi tersebut terjadi pengikatan ion pada media *manganese greensand* yaitu pengikatan ion negatif (SO_4^{2-}) oleh ion positif kalium (K^+) (Laviana dkk., 2016).

b. Karbon Aktif

Karbon aktif atau arang aktif merupakan material amorf berkarbon yang memiliki luas permukaan yang besar yang dibangun oleh struktur pori internalnya melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Karakteristik fisik karbon aktif memiliki ciri fisik dapat dilihat pada Tabel 5. Gambar karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 5. Karakteristik Fisik

Karakteristik	Keterangan
Warna	Hitam
Sifat	Hidrofobik, tidak berbau
Kandungan	85-95% karbon (C)
Terbuat	Limbah kayu, bambu, sekam, jerami, tongkol, batang jagung, tempurung kelapa

Sumber: Zahfo (2020)



Gambar 8. Karbon Aktif

Mengolah karbon aktif pada prinsipnya dengan membuka pori-pori karbon arang yang awalnya dengan luas $2 \text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $300\text{-}2000 \text{ m}^2/\text{g}$ sehingga disebut arang aktif. Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan

menggunakan reaksi oksidasi lemah atau menggunakan uap air pada suhu 90°C-100°C. Aktivasi karbon aktif akan mengalami perubahan sifat baik fisika maupun kimia sehingga dapat berpengaruh terhadap daya serap adsorpsi. Karbon aktif dapat menurunkan fosfat pada air limbah *laundry*.

c. Pasir Silika

Pasir silika adalah mineral kuarsa yang mengandung silika (SiO_2). Karakteristik pasir silika dapat dilihat pada Tabel 6 dan gambar pasir silika dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 6. Karakteristik Fisik Pasir Silika

Karakteristik	Keterangan
Kekerasan	7 skala Mosh
Berat Jenis	2,65
Titik Lebur	1715°C
Bentuk	Kristal hexagonal

Sumber: Zahro (2020)



Gambar 9. Pasir Silika

Pasir silika memiliki fungsi untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan dan bau dengan cara memisahkan polutan tersuspensi dalam air. Semakin tebal pasir silika semakin mampu dalam memberikan kejernihan yang maksimal (Zahro, 2020).

d. Kerikil

Kerikil digunakan sebagai media penyangga dalam filter dan memiliki fungsi untuk menyaring partikel kasar. Karakteristik kerikil dapat dilihat pada Tabel 7 dan gambar kerikil dapat dilihat pada Gambar 10.

Tabel 7. Karakteristik Fisik Kerikil

Karakteristik	Keterangan
Diameter	20-25 mm
Rasio Volume	0,45
Bentuk	Kasar

Sumber: Zahro (2020)



Gambar 10. Kerikil

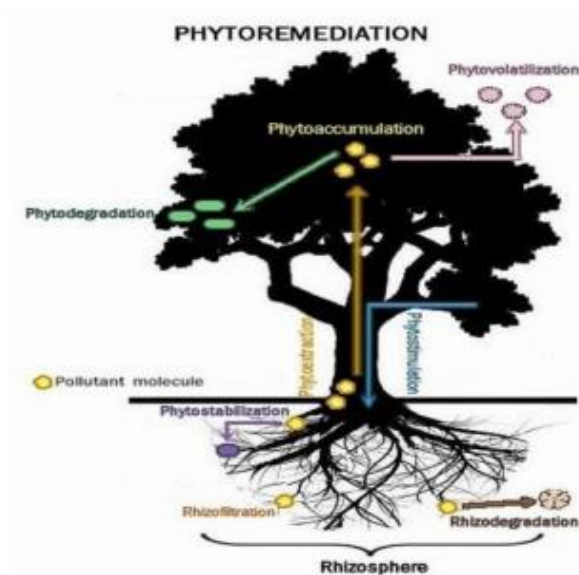
2. Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)

a. Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah salah satu metode pengolahan menggunakan media tanaman untuk menurunkan suatu kadar kontaminan tertentu yang terdapat pada suatu lingkungan dengan keunggulan dalam biaya operasional yang relatif murah, mudah diaplikasikan, tumbuhan mudah dikontrol pertumbuhannya, tanaman mudah berkembang biak dan salah satu metode pengolahan yang aman untuk lingkungan (Zahro, 2020).

Dea (2017) menjelaskan mekanisme kerja fitoremediasi mencakup proses sebagai berikut:

- 1) Fitostabilisasi adalah memobilisasi zat pencemar dari daerah perakaran tanaman untuk pengeluaran suatu senyawa kimia tertentu.
- 2) Rhizofiltrasi adalah kemampuan tanaman untuk memanfaatkan akar dalam menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi zat pencemar dari aliran limbah.
- 3) Rhizodegradasi adalah proses penguraian zat kontaminan di sekitar akar tumbuhan oleh aktivitas mikroba yang bersimbiosis pada akar tumbuhan.
- 4) Fitoekstraksi adalah kemampuan tanaman untuk melakukan penyerapan zat organik dan logam berat oleh akar dan mengakumulasi zat pencemar ke beberapa bagian tubuh seperti akar, batang dan daun.
- 5) Fitodegradasi adalah kontaminan organik yang sudah terserap melalui akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolisme dalam tumbuhan.
- 6) Fitovolatilisasi adalah kemampuan tanaman dalam menyerap zat kontaminan dan melepaskannya melalui udara lewat daun.



Gambar 11. Mekanisme Fitoremediasi
 Sumber: Velazquez dkk. (2012)

b. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)

Tanaman Kayu Apu merupakan tanaman air yang memiliki akar berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atau perairan dan sangat potensial untuk

menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian akarnya. Selain itu tanaman Kayu Apu dapat mengikat butiran-butiran lumpur yang halus, maka digunakan untuk menjernihkan air bagi usaha *laundry* maupun keperluan sehari-hari. Berikut klasifikasi tanaman Kayu Apu sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Superdivisi : *Tracheobionta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Subkelas : *Arecidae*
Ordo : *Arales*
Famili : *Araceae*
Genus : *Pistia*
Spesies : *Pistia stratiotes L.*

Jenis tumbuhan air ini sering dianggap gulma dan banyak terdapat di danau, rawa dan juga sering digunakan untuk pengolahan limbah karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi dan kemampuannya dalam menyerap unsur hara secara langsung dan juga Kayu Apu memiliki waktu tinggal atau bertahan hidup selama kurang lebih 10 hari pada pengolahan air limbah (Taurisna,2020). Kayu Apu berkembang optimal pada suhu 22-30 °C atau 72-86 °F dan pH 6,5- 7,2. Kayu Apu berkembang biak menggunakan stolon. Menurut Rahadian, dkk. (2017), stolon tersebut dapat terpotong pada ujungnya dan akan terlepas dan tumbuh menjadi individu baru. Anak Kayu Apu memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru.

Tanaman Kayu Apu memiliki proses penguraian zat-zat kontaminan di sekitar akar tumbuhan oleh aktivitas mikroorganisme yang bersimbiosis pada akar. Ion fosfat pada air limbah *laundry* merupakan sumber P bagi tanaman sebagai nutrisi. (Dea, 2017). Rhizobakteri adalah sekelompok mikroorganisme yang hidup berdampingan di sekitar akar tanaman di tanah dan tanaman di habitat air, dan keberadaannya biasanya bergantung pada akar. Rhizobakteri memiliki kemampuan

untuk mengurai zat organik atau anorganik yang terkandung dalam air limbah. Akar tanaman Kayu Apu dapat digunakan untuk menyaring koloid yang terkandung dalam limbah. Akar serabut dari Kayu Apu dapat menjadi tempat penempelan koloid berair. Semakin banyak jumlah akar Kayu Apu, semakin banyak koloid yang dapat menempel pada akar. Koloid yang menempel pada akar tanaman Kayu Apu berkumpul di akar membentuk gumpalan atau lendir (Rahadian, dkk., 2017).

Berikut gambar tanaman Kayu Apu, dapat dilihat pada Gambar 12.



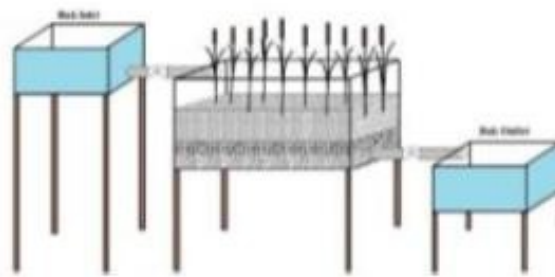
Gambar 12. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)

Aklimatisasi tanaman merupakan sebuah proses yang dilakukan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan barunya. Aklimatisasi dilakukan dalam waktu 10-14 hari dengan bersih dan penambahan konsentrasi air limbah secara bertahap dengan cara meletakkan tanaman Kayu Apu pada wadah yang berisi air bersih dengan campuran konsentrasi air limbah yang terus meningkat. Aklimatisasi dilakukan hingga tanaman telah benar-benar tumbuh dan kuat yang ditandai dengan akar yang lebih bersih, tumbuhnya tunas dan bertambahnya ukuran tinggi tanaman sehingga siap dilakukan untuk penelitian (Kamal dkk., 2017).

3. Sistem Kontinu

Sistem kontinu merupakan salah satu sistem yang digunakan dalam proses pengurangan kontaminan pada air limbah yang diatur secara gravitasi dan atau

menggunakan pompa melalui proses filtrasi dan proses fitoremediasi. . Pengolahan air limbah menggunakan sistem kontinu dipengaruhi oleh waktu tinggal dan debit limbah yang digunakan (Febri Nurfitriana, 2019). Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem kontinu adalah tangki penampung harus cukup besar untuk menampung semua bahan yang terus menerus dimasukkan selama proses pengolahan berlangsung. Contoh reaktor sistem kontinu dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Reaktor Sistem Kontinu

F. Hukum Archimedes

Hukum Archimedes merupakan sebuah hukum yang membahas tentang prinsip apung di atas zat cair. Prinsip Archimedes, ketika sebuah benda tercelup seluruhnya atau sebagian di dalam zat cair, zat cair akan memberikan gaya apung (gaya ke atas) pada benda, dimana besarnya gaya apung sama dengan gaya berat zat cair yang dipindahkan (Halliday,1987). Benda dapat mengapung jika massa jenis suatu benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair. Dari hukum Archimedes didapatkan persamaan (5).

$$F_A = \rho_f \cdot V \cdot g \quad (5)$$

Jika benda mempunyai kerapatan massa ρ dan fluida mempunyai kerapatan ρ_f maka perbandingan berat benda dengan gaya tekan keatasnya.

Jika $\rho > \rho_f$, maka $w > F_a \rightarrow$ benda tenggelam

Jika $\rho = \rho_f$ maka $w = F_a \rightarrow$ benda melayang di dalam fluida

Jika $\rho < \rho_f$ maka $w < F_a$ → benda mengapung

G. Efisiensi Pengolahan Air Limbah *Laundry*

Efisiensi pengolahan air limbah berkaitan dengan parameter zat pencemar yaitu BOD, COD, TSS, fosfat, minyak dan lemak dan pH. Menerapkan biosand filter dan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) ke dalam proses pengolahan air limbah *laundry* dapat meningkatkan efisiensi pengolahan.

1. Efisiensi Pengolahan Menggunakan Biosand Filter

Menurut Zahro (2020), metode pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter memiliki kemampuan pengolahan yang relatif lebih murah dibandingkan pengolahan lain. Efisiensi pengolahan air limbah *laundry* menggunakan biosand filter dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Efisiensi Pengolahan Air Limbah *Laundry* Menggunakan Biosand Filter

Parameter	Efisiensi Pengolahan (%)
BOD	68,56
COD	65,78
TSS	6,67
Fosfat	16,36
Minyak dan Lemak	26,11-32,06 (Griswidia, dkk, 2012)
pH	12,04

Sumber: Zahro (2020); Griswidia dkk.(2012)

2. Efisiensi Pengolahan Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu

Menurut Taurisna (2020), metode pengolahan air limbah *laundry* menggunakan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) memiliki kemampuan pengolahan yang relatif lebih murah dibandingkan pengolahan lain. Efisiensi pengolahan air limbah *laundry* menggunakan fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Efisiensi Pengolahan Air Limbah *Laundry* Menggunakan Fitoremediasi Kayu Apu

Parameter	Efisiensi Pengolahan (%)
BOD	64,02
COD	58,93
TSS	63,82
Fosfat	46,87

Sumber: Taurisna (2020)

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Rahan Rahadian, Endro Sutrisno, Sri Sumiyati, 2017	Efisiensi Penurunan COD dan TSS Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L</i>) Studi Kasus : Limbah <i>Laundry</i>	Konsentrasi COD dan TSS yang diolah adalah sebesar 121 mg/l dan 150 mg/l. Penyisihan COD sebesar 6,7 mg/l dan efisiensi sebesar 76,67 % pada tanaman panjang akar lebih dari 10 cm dengan jumlah tanaman sebanyak 16 buah. Sedangkan pada parameter TSS, penyisihan terjadi sebesar 69 mg/l dengan efisiensi sebesar 46 % yang terjadi pada tanaman dengan panjang akar lebih dari 10 cm dan dengan jumlah tanaman 16 buah.
2.	B. Primasari, S Indah, R Afrianita and F Rahmates, 2020	<i>Biosand Filter for Removal Organic Pollutant from Laboratory Wastewater</i>	Penelitian ini menggunakan media sederhana yaitu pasir halus, pasir kasar dan kerikil dengan perbandingan kedalaman 50:5:5 cm. Hasil penelitian menunjukkan penyisihan BOD sebesar 76,9% yang semula 161,5 mg/L menjadi 36,1 mg/L dan penyisihan COD sebesar 73,5 % yang semula 202,4 mg/L menjadi 52,8 mg/L.
3.	Cony Puspitahati dan Didik	Studi Kinerja Biosand Filter Dalam Mengolah Limbah <i>Laundry</i>	Dimensi alat yang digunakan 30 cm x 30 cm x 100 cm yang terdiri dari 2 reaktor di mana reaktor 1

	Bambang S., 2012	dengan Parameter Fosfat	dengan karbon aktif setinggi 10 cm dapat menyisihkan fosfat hingga 19,8% dan reaktor 2 dengan karbon aktif setinggi 25 cm dapat menyisihkan fosfat hingga 13,9%.
4.	Auliyah Fairus Ramadhan, Endro Sutrisno, Sri Sumiyati, 2017	Efisiensi Penyisihan BOD dan Fosfat Pada Air Limbah Pencucian Pakaian (<i>Laundry</i>) Dengan Menggunakan Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>)	Hasil paling optimum ditunjukkan dengan panjang akar lebih dari 10 cm dengan 16 jumlah tanaman pada hari ke-10 dengan efisiensi sebesar 75,36% BOD dan fosfat sebesar 86,10% pada hari ke-12. Hingga hari ke-14 tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>) masih dapat bertahan hidup akan tetapi banyak yang kondisinya sudah tidak memungkinkan dan terjadi banyak kerontokan pada akar dan kelopak daun.
5.	Ms. Sinaga, S.W Astuti, Elizabeth Gultom, 2019	<i>Degradation of phosphate in laundry waste with biosand filter method</i>	Menggunakan karbon aktif sebagai adsorben dengan perbandingan campuran limbah <i>laundry</i> terhadap nutrisi 100% : 0, 75% : 25%, dan 50% : 50% (% volume) dengan proses anaerobik. pH untuk penelitian ini diatur pada kisaran 6,9-7,5. Volume terbesar pada campuran 50% : 50% (v/v) limbah <i>laundry</i> dan nutrisi diperoleh penurunan TSS 76,61%, VSS 63,55%, COD 53,67%, fosfat 74,32 % dan surfaktan 53,54%. Penurunan nilai fosfat dan surfaktan disebabkan oleh adanya

			lapisan kotor (<i>biofilm</i>) di dalam tangki.
6.	Linn Adersson, 2017	<i>Evaluation Of Biosand Filter as a water treatment method in ghana</i>	Hasil penelitian menunjukkan penghapusan menggunakan Biosand Filter sebanyak 80% total kekerasan, 86% klorida, 96% kekeruhan dan 90% warna.
7.	Moh. Khoirur Rohman, 2016	Pengolahan Limbah Cair <i>Laundry</i> Menggunakan Filter Membran dari Sintesis Zeolit dan Kitosan Untuk Menurunkan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dan Surfaktan	Hasil penelitian dengan perbandingan komposisi membran yang terbaik yaitu perbandingan zeolit dan kitosan 2:1 (Z2C1). Nilai fluks tertinggi didapatkan dari membran Z1C1 tekanan 2 bar pada menit ke-10 yaitu 39,99 L/m ² 2 jam. Sedangkan efisiensi <i>removal</i> TSS dan surfaktan tertinggi masing-masing pada membran Z2C1 tekanan 2 bar pada menit ke-20 dan membran Z1C2 tekanan 1,5 bar pada menit ke-60 yaitu 90,71% dan 97,67%.
8.	M Faridh Al Fadhli, 2020	Reaktor Portabel Untuk Mengolah Air Limbah <i>Laundry</i> Dengan Metode Fitoremediasi dan Filtrasi	Hasil penelitian ini menggunakan batu zeolit berukuran 2 cm dan pasir silika sebagai filtrasi berukuran 0,3 mm. Dengan efisiensi penurunan COD sebesar 89% (333,33 mg/L), TSS sebesar 33% (+3,5 mg/L), TDS sebesar 3% (50 mg/L), dan detergen sebesar 95% (214,28 mg/L).
9.	Fikryah Atikah Pane, 2019	Studi Penurunan COD dan Fosfat Pada Air Limbah <i>Laundry</i>	Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penurunan COD pada reaktor aerob tersuspensi sebesar

		Secara Aerob Tersuspensi dan Fitoremediasi Dengan Tanaman Kiambang (<i>Salvina Molesta</i>)	73.37% sementara fosfat mengalami kenaikan sebesar 13.9%. Pada proses fitoremediasi penyisihan COD dan fosfat terbaik terjadi pada massa tanaman 250 gram. Massa tanaman 250 gram dapat menyisihkan COD sebesar 59.77% dan fosfat sebesar 89.15%. Pada penelitian ini dilakukan pengujian nilai surfaktan dan TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) pada awal dan akhir percobaan. Surfaktan dan TSS masing-masing disisihkan sebesar 98% dan 35%.
10.	Tias Lhidya Taurisna, 2020	Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L</i>) Untuk Menurunkan Kadar COD,BOD, TSS pada Limbah Cair Industri Tempe dengan Menggunakan Fitoremediasi Sistem <i>Batch</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan paling optimum terjadi pada perlakuan 20 tanaman dengan konsentrasi akhir masing-masing BOD, COD, dan TSS adalah 64,04 mg/L, 82,84 mg/L, dan 178 mg/L. Untuk efisiensi penurunan terbesar adalah pada perlakuan 20 tanaman dengan masing-masing efisiensi penurunan untuk BOD, COD, dan TSS setelah 12 hari perlakuan adalah 64,02%, 58,93%, dan 63.82%.
11.	Aulya Fairus Ramadhan,Endro Sutrisno dan Sri Sumiyati, 2017	Efisiensi pengolahan BOD dan phosfat ada air limbah pencucian pakaian(<i>laundry</i>) dengan menggunakan fitoremediasi tanaman	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan optimum ditunjukkan oleh reaktor F dengan analisa akar lebih dari 10 cm dengan jumlah tanaman 16 pada hari ke-10 dengan efisiensi sebesar

		Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes l.</i>)	75,36% BOD dan fosfat sebesar 86,10% pada hari ke-12. Hingga hari ke-14 tanaman Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes L.</i>) masih dapat bertahan hidup akan tetapi banyak kondisinya sudah tidak memungkinkan dan terjadi banyak kerontokan pada akar dan daun.
12.	M. Arief Alfonso, 2021	Kombinasi Biofilter Anaerob dan Fitoremediasi Tumbuhan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>) Dalam Pengolahan Air Limbah Rumah Makan	Didapatkan hasil efisiensi analisa BOD menggunakan metode Winkler sebesar 73,5% COD menggunakan Spektrofotometri hasil 62,5%, TSS dengan gravimetri hasil 47,3%, pH diukur menggunakan pH meter dalam interval 6,78-7,78. Sementara itu, untuk kombinasi Biofilter Anaerob dan fitoremediasi Kayu Apu didapatkan hasil BOD sebesar 85,3%, COD sebesar 86,7%, dan TSS sebesar 87,5%. Adapun nilai pH dalam interval 7,48-7,42.
13.	Kundan Kamal, Soham Kar, Shivanshi Trivedi, dan Sudhansu Upadhyay, 2021	<i>Assessing the impact of vegetation coverage ratio in a floating water treatment bed of Pistia stratiotes</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan akar makrofit (<i>Pistia stratiotes</i>) mendukung pertumbuhan mikroorganisme, yang melakukan biodegradasi organik serta menyerap nutrisi. Pada VCR masing-masing dihilangkan dengan nilai 0,75 dan 1,0 pada maksimum $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dan PO_4^{3-} . Dalam tangki VCR 0,25, 0,5 dan 0,75, nilai akhir DO lebih dari 4

mg/L, di mana nilai DO yang diperlukan untuk kelangsungan hidup organisme akuatik.
