

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS *ROUGHING FILTER* DALAM MENURUNKAN
KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH INDUSTRI KELAPA
SAWIT**

Disusun dan diajukan oleh:

**NUR RAHMAWATI AMIR
D131 18 1507**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS *ROUGHING FILTER* DALAM MENURUNKAN
KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH INDUSTRI KELAPA
SAWIT**

Disusun dan diajukan oleh:

**NUR RAHMAWATI AMIR
D131 18 1507**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**EFEKTIFITAS *ROUGHING FILTER* DALAM MENURUNKAN
KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH INDUSTRI KELAPA
SAWIT**

Disusun dan diajukan oleh

Nur Rahmawati Amir
D131181507

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 28 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

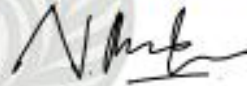
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.
NIP 19590116198021001

Pembimbing Pendamping,



Nurjannah Oktorina, S.T., M.T.
NIP 199210242019016001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Nur Rahmawati Amir
NIM : D131181507
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Efektivitas Roughing Filter Dalam Menurunkan Kadar Kontaminan Air Limbah Industri Kelapa Sawit

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 23 Januari 2023

Yang Menyatakan



Nur Rahmawati Amir

ABSTRACT

NUR RAHMAWATI AMIR. *The Effectiveness of Roughing filters in Reducing Palm Oil Industry Wastewater Contaminants* (guided by Achmad Zubair and Nurjannah Oktorina).

The development of the industrial sector is increasing rapidly. One of the industries, namely the palm oil mill (PKS) which is based in several islands, namely Kalimantan, Sulawesi, Sumatra and Papua. However, oil palm has the property of destroying the quality of groundwater, thereby damaging the environment. This research was conducted at PT.Unggul Widya Teknologi Lestari and the Water Quality Laboratory, Department of Environmental Engineering, Hasanuddin University.

This study aims to analyze the characteristics of palm oil waste water, the effect and level of discharge efficiency and different types of media in reducing contaminant levels of wastewater in the palm oil industry using a method using a *roughing filter*. In this study, testing was carried out with the parameters pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), oil and grease.

The independent variables were variations in the type of palm shell media (M1), PET plastic (M2) and peat (M3) as well as variations in flow rates, namely 20.8 mL/minute (Q1) and 41.6 mL/minute (Q2). The characteristics of palm oil wastewater include having a pH value of 6.27, BOD of 669.54 mg/L, COD of 6080 mg/L, TSS of 805 mg/L, Oil and Fat of 1260 mg/L. The results showed that the best variation in the removal of pollutant content was the type of palm shell media (M1) and a flow rate of 41.6 mL/minute (Q2), with the highest efficiency in reducing BOD, COD, TSS, Oil and grease are respectively .96%, 98.03%, 78.55 and 98.4%.

Keywords : *roughing filter*, contaminant levels, palm oil waste water

DAFTAR ISI

LEMBAR HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Karakteristik Air Limbah.....	6
2.2 Industri Kelapa Sawit	8
2.3 Baku Mutu Air Limbah	13
2.4 <i>Roughing Filter</i>	14
2.5 Jenis Media	18
2.6 Studi Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	29
3.2 Variabel Penelitian.....	30
3.3 Bahan Uji dan Alat	32
3.4 Teknik Pengumpulan Data	33
3.5 Teknik Analisis.....	46
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	47
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Gambaran Umum Penelitian.....	49
4.2 Pengaruh Variasi Jenis Media dan Debit Aliran.....	53

4.3	Efisiensi Jenis Media dan Debit Aliran	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		94
5.1	Kesimpulan	94
5.2	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA		95
LAMPIRAN		98

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku mutu air limbah industri kelapa sawit.....	14
Tabel 2. Spesifikasi cangkang sawit	20
Tabel 3. Studi Penelitian Terdahulu yang Relevan dengan Penelitian	23
Tabel 4. Matriks penelitian	32
Tabel 5. Kriteria Desain	34
Tabel 6. Kriteria perencanaan	34
Tabel 7. Metode Pengujian Sampel	41
Tabel 8. Karakteristik Air Limbah industri kelapa sawit	52
Tabel 9. Hasil pengujian parameter pH pada variasi jenis media cangkang sawit	53
Tabel 10. Hasil pengujian parameter pH pada variasi jenis media plastik PET ...	54
Tabel 11. Hasil pengujian parameter pH pada variasi jenis media gambut	54
Tabel 12. Hasil pengujian parameter pH pada variasi debit 20,8 ml/menit.....	55
Tabel 13. Hasil pengujian parameter pH pada variasi debit 41,6 ml/menit.....	55
Tabel 14. Analisis pengaruh variasi jenis media dan debit aliran terhadap penyisihan pH.....	56
Tabel 15. Hasil pengujian parameter BOD pada variasi cangkang sawit	59
Tabel 16. Hasil pengujian parameter BOD pada variasi plastik PET	60
Tabel 17. Hasil pengujian parameter BOD pada variasi gambut.....	60
Tabel 18. Hasil pengujian parameter BOD pada debit 20,8 ml/menit.....	61
Tabel 19. Hasil pengujian parameter BOD pada debit 41,6 ml/menit.....	61
Tabel 20. Analisis pengaruh variasi jenis media dan debit aliran terhadap penyisihan BOD	62
Tabel 22. Hasil pengujian parameter COD pada variasi cangkang sawit.....	66
Tabel 23. Hasil pengujian parameter COD pada variasi plastik PET	67
Tabel 24. Hasil pengujian parameter COD pada variasi gambut.....	67
Tabel 25. Hasil pengujian parameter COD pada debit 20,8 ml/menit.....	68
Tabel 26. Hasil pengujian parameter COD pada debit 41,6 ml/menit.....	68
Tabel 27. Analisis Pengaruh Jenis Media Terhadap Penyisihan Kontaminan COD.....	69
Tabel 28. Hasil pengujian parameter TSS pada variasi cangkang sawit.....	74
Tabel 29. Hasil pengujian parameter TSS pada variasi plastik PET.....	74
Tabel 30. Hasil pengujian parameter TSS pada variasi gambut.....	75
Tabel 31. Hasil pengujian parameter TSS pada debit 20,8 ml/menit.....	75
Tabel 32. Hasil pengujian parameter TSS pada debit 41,6 ml/menit.....	76
Tabel 33. Analisis Pengaruh Jenis Media Terhadap Penyisihan Kontaminan TSS	76
Tabel 34. Hasil pengujian parameter minyak dan lemak pada variasi cangkang sawit.....	81
Tabel 35. Hasil pengujian parameter minyak dan lemak pada variasi plastik PET	81
Tabel 36. Hasil pengujian parameter minyak dan lemak pada variasi gambut.....	82

Tabel 37. Hasil pengujian parameter minyak dan lemak pada debit 20,8 ml/menit.....	82
Tabel 38. Hasil pengujian parameter minyak dan lemak debit 41,6 ml/menit	83
Tabel 39. Analisis pengaruh jenis media dan debit aliran terhadap penyisihan kontaminan minyak dan lemak.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema komposisi air limbah	7
Gambar 2. Alur proses pengolahan minyak kelapa sawit	9
Gambar 3. Ukuran material filter pada <i>roughing filter</i>	15
Gambar 4. <i>Horizontal Roughing filter</i>	16
Gambar 5. <i>Roughing filter</i> Aliran Vertikal <i>Downflow</i> dan <i>Upflow</i>	16
Gambar 6. Tahap Pembentukan Biofilm.....	18
Gambar 7. Cangkang sawit	20
Gambar 8. Media plastik PET	21
Gambar 9. Gambut	22
Gambar 10. Pabrik kelapa sawit (PKS).....	29
Gambar 11. Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan	30
Gambar 12. Skema pengolahan air limbah kelapa sawit	36
Gambar 13. Tampak samping reaktor <i>roughing filter</i>	37
Gambar 14. Tampak atas Reaktor <i>Roughing filter</i>	37
Gambar 15. Persiapan media plastik PET	38
Gambar 16. Persiapan media cangkang sawit.....	38
Gambar 17. Perakitan reaktor	39
Gambar 18. Pengambilan sampel.....	39
Gambar 19. Proses <i>Seeding</i> dan aklimatisasi air limbah kelapa sawit.....	40
Gambar 20. Pengujian pH	42
Gambar 21. Pengujian BOD	42
Gambar 22. Pengujian COD	43
Gambar 23. Pengujian TSS	44
Gambar 24. Pengujian Minyak dan Lemak.....	45
Gambar 25. Diagram alir penelitian.....	48
Gambar 26. Grafik analisa pH di tahap <i>seeding</i> media cangkang sawit.....	49
Gambar 27. Grafik analisa pH di tahap <i>seeding</i> media plastik PET	49
Gambar 28. Grafik analisa pH di tahap <i>seeding</i> media gambut.....	50
Gambar 29. Hasil analisis COD pada proses aklimatisasi	51
Gambar 30. Penyisihan pH pada variasi cangkang sawit	56
Gambar 31. Penyisihan pH pada variasi plastik PET	57
Gambar 32. Penyisihan pH pada variasi gambut	57
Gambar 33. Penyisihan pH pada debit 20,8 ml/menit	58
Gambar 34. Penyisihan pH pada debit 41,6 ml/menit	58
Gambar 35. Penyisihan BOD pada variasi cangkang sawit.....	63
Gambar 36. Penyisihan BOD pada variasi plastik PET	63
Gambar 37. Penyisihan BOD pada variasi gambut.....	64
Gambar 38. Penyisihan BOD pada debit 20,8 ml/menit	65
Gambar 39. Penyisihan BOD pada debit 41,6 ml/menit.....	65
Gambar 40. Penyisihan COD pada variasi cangkang sawit.....	70
Gambar 41. Penyisihan COD pada variasi plastik PET	71
Gambar 42. Penyisihan COD pada variasi gambut.....	71

Gambar 43. Penyisihan COD pada debit 20,8 ml/menit.....	72
Gambar 44. Penyisihan COD pada debit 41,6 ml/menit.....	73
Gambar 45. Penyisihan TSS pada variasi cangkang sawit	77
Gambar 46. Penyisihan TSS pada variasi plastik PET	78
Gambar 47. Penyisihan TSS pada variasi gambut	78
Gambar 48. Penyisihan TSS pada debit 20,8 ml/menit	79
Gambar 49. Penyisihan TSS pada debit 41,6 ml/menit	80
Gambar 50. Penyisihan minyak dan lemak pada variasi cangkang sawit.....	85
Gambar 51. Penyisihan minyak dan lemak pada variasi plastik PET.....	85
Gambar 52. Penyisihan minyak dan lemak pada variasi gambut.....	85
Gambar 53. Penyisihan minyak dan lemak pada debit 20,8 ml/menit.....	87
Gambar 54. Penyisihan minyak dan lemak pada debit 41,6 ml/menit.....	87
Gambar 55. Efisiensi Penyisihan BOD Setiap Waktu Pengamatan.....	88
Gambar 56. Efisiensi Penyisihan COD Setiap Waktu Pengamatan.....	89
Gambar 57. Efisiensi Penyisihan TSS Setiap Waktu Pengamatan	90
Gambar 58. Efisiensi Penyisihan Minyak dan Lemak Setiap Waktu Pengamatan	91

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
A	Luas penampang
BOD	<i>Biological oxygen demand</i>
C	Karbon
°C	Celcius
C ₀	Konsentrasi awal
C ₁	Konsentrasi akhir
Cm	Centimeter
COB	<i>Chemical oxygen demand</i>
CPO	<i>Crude palm oil</i>
DO ₀	<i>Dissolved Oxygen</i> dalam pengujian pertama
DO ₅	<i>Dissolved Oxygen</i> dalam pengujian 5 hari
Fp	Faktor pengenceran
H ⁺	Hidrogen
Kg/ton	Kilogram per Ton
kgBOD/ m ³ hari	Kilogram BOD per meter kubik hari
L	Lebar
M	meter kubik
m ²	meter persegi
m ³	Meterkubik
m/jam	Meter per jam
m ³ /hari	Meter per hari
Mm	Milimeter
N	Normalitas larutan
mg/L	Miligram per liter
ml/menit	Milliliter per menit
O ₂	Oksigen
OH ⁻	Hidroksida
P	Panjang
PET	<i>polyethylene terephthalate</i>
pH	<i>Power of Hydrogen</i>

Q	Debit
SNI	Standar nasional indonesia
T	Tinggi
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
V	Volume
W ₀	Berat media penyaring awal
W ₁	Berat media penyaring akhir

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Baku Mutu Air Limbah Kelapa Sawit.....	99
Lampiran 2. Metode Pengujian Sampel.....	100
Lampiran 3. Laporan Hasil Pengujian	107
Lampiran 4. Dokumentasi.....	112

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga bisa menyelesaikan dan menyusun tugas akhir dengan judul “Efektivitas *Roughing filter* dalam Menurunkan Kadar Kontaminan Air Limbah Industri Kelapa Sawit”. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, yang telah mengantarkan umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang terang benderang.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada jenjang Stara-1 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 kedua orang tua penulis yakni Bapak H.Amir dan Ibu Dra. Hj. Nursiah yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral serta materi sejak dulu yang tidak pernah berubah sedikit pun dan sebagainya yang tidak bisa penulis ungkapkan semuanya. Pada kesempatan ini pula, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST., MT., M.Arch selaku Dekan dan Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Ibu Nurjannah Oktorina, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan penulis selama penyelesaian tugas akhir.

6. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas akhir ini.
7. Bapak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang telah membantu penulis selama penelitian yang dilakukan di laboratorium.
8. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, terkhusus Ibu Sumi, kak Tami dan Kak Olan yang telah sabar membantu penulis dalam proses administrasi.
9. Kak Muh. Armawan Amir S.E dan kak Nur Ulfah Susilawati Amir, S.Kom yang telah memberi dukungan dan semangat serta telah memfasilitasi penulis dalam memenuhi kebutuhan asupan dan penelitian selama ini.
10. D131181501 sebagai teman bertukar cerita dan tawa, selalu mau direpotkan dan membantu dalam segala kesusahan, serta setia menemani penulis dalam menyelesaikan penelitian dan tugas akhir.
11. D131181307 yang selalu memberi bimbingan kepada penulis dalam hal tugas akhir, memberi banyak tawa, tempat berbagi cerita serta menjadi partner terbaik dari maba hingga saat ini, D131181321 yang selalu hadir memberi semangat dan canda tawa serta selalu menjadi penolong dikala kesulitan.
12. Ibu Eni dan Kak fuad yang sudah memberikan bimbingan terbaik selama proses pengambilan sampel dan setia menemani penulis berkunjung ke lokasi.
13. Nando laronga S.Sos, Muhammad Syakir S.T, Raam Hidayat, Rifki sacky, Ifa Annisa S.M, Herianto S.T, Faiz Ahmad, Aji Karno, sahabat di kehidupan nyata maupun virtual yang selalu memberikan semangat walau ditempat yang berbeda-beda, partner berbagi tawa hingga lupa waktu, namun terus memiliki tujuan yang sama untuk bisa berkeliling kota dan sukses bersama.
14. Anggun angraeni, Christine Natalia Ratta, nurfadilah Ikhwan, aulia melindah, nita hardiyanti, andi bunga Aqilah juniyazaki, afdal alfatih, alfian, andi Muh. Pratama Darmawan, Nursyahbani, Fahmi, Dwi Hermin Alfian, Muh Ardhi, Anugerah, yang sudah menjadi saudara baik penulis sejak 2012, tempat bertukar cerita dan berbagi pengalaman yang begitu berharga hingga detik ini terus ada.
15. D131181011, D131181005, dan D131181323 yang telah mewarnai masa perkuliahan penulis sejak maba dan selalu menjadi pendengar yang baik.

16. Audry Aulia, Adinda Rezky dan Lala Iriansyah sebagai teman baik dalam berbagi ilmu di sekolah menengah atas dan cerita pribadi serta selalu memberi bantuan dan semangat pada penulis.
17. Suarni, linda karlita, eva wansi sebagai sobat yang tidak henti-hentinya saling memberi semangat dengan bantuan gelak tawa yang tiada habisnya jika bertemu.
18. Rizki Amalia, Safira Putri H.Malik, Nur Khafifah Rusni, Annisa Fitri Mustafa, Andi Dania Triska Fiyanda, Savira Nurul Aulia, Aurelia Dinda Zhafira, Sri Anugrah Salim, Nuraisyah, Nurmianti, Riza Salsabila, Wulandari Ramadhani sebagai teman kelompok tugas kuliah yang kompeten dan sampai saat ini bisa menjadi tempat berbagi cerita dan tawa penulis.
19. Ikram, Rido, Danang, Farhad, Naufal, Firmal, Kiki, Riza, Anti, Idrus, Fian, Murthada, Egber, Imam, Firman, Irham, Eddy, Uya sebagai sahabat CIA yang sangat berpengaruh penting selama masa perkuliahan penulis, terimakasih sudah menjadi teman yang baik dan loyal satu sama lain, terus saling memberi dukungan dan gelak tawa sampai kapanpun.
20. Teman-teman yang bergabung dalam grup “Pengendali Air” yang selalu membantu, memberi semangat, dan selalu memberi tawa.
21. Purna Scoutdubels Makassar yang selalu memberi hiburan paling berbeda, selalu menyemangati dan memberi dukungan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir.
22. Teman-teman Asisten 2018 kualitas air yang biasa disebut “7ICONS” yang menjadi tempat saling bertukar pikir dan selalu kompak dalam menghibur diri.
23. Teman-teman Asisten 2018 Laboratorium Fisika Dasar yang telah menjadi warna baru di kehidupan perkuliahan penulis, teman berbagi ilmu serta saling merangkul dan bertukar tawa selama praktikum hingga saat ini.
24. Teman-teman pengurus BE HMTL dan DM HMTL FT-UH periode 2020/2021 karena sudah memberikan pelajaran berarti mengenai organisasi selama masa perkuliahan penulis yang tidak akan pernah terlupakan dan sebagai teman bertukar tawa serta beban pikiran sejak tanggal 26 November 2020.

25. Lingkungan 2018 yang telah kebersamai masa perkuliahan sejak menjadi mahasiswa baru hingga masing-masing menyelesaikan studinya hingga saat ini.
26. TRANSISI 2019 atas segala momen yang telah diciptakan bersama, dan gelak tawa yang begitu riuh sampai tak bisa dilupakan serta bantuan selama masa perkuliahan.
27. Kanda-kanda senior serta adik-adik yang telah membantu selama masa perkuliahan.
28. Ama sosok anak kecil yang sudah sangat kuat bertahan hingga saat ini, yang mampu kooperatif dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terimakasih selalu berpikir positif disaat keadaan sempit tidak berpihak, dan selalu berusaha mempercayai diri sendiri, hingga akhirnya mampu membuktikan bahwa bisa mengandalkan dirinya.

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis, bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi lingkungan akademis Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan. Penulis juga memohon maaf atas kesalahan dan kekurangan selama penyusunan tugas akhir ini.

Makassar, 8 januari 2023

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di sektor industri akhir-akhir ini semakin berkembang sangat pesat. Salah satu industri yang sangat berkembang di Indonesia adalah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) karena dapat dikatakan bahwa Indonesia mempunyai potensi yang besar dalam mengembangkan industri kelapa sawit. Sektor industri minyak kelapa sawit di Indonesia mayoritas berpusat di beberapa pulau yaitu Kalimantan, Sulawesi, Sumatera, dan Papua. Tanaman kelapa sawit tidak sulit untuk ditanam namun, kelapa sawit memiliki sifat merusak kadar kualitas air tanah. Apabila sudah tercemar maka akan merusak lingkungan. Badan Pusat Statistik mencatat bahwa nilai ekspor produk minyak kelapa sawit yaitu mencapai US\$ 18,6 miliar. Dampak positif yang dihasilkan dari perkembangan industri ini yaitu naiknya devisa negara, transfer teknologi dan penyerapan tenaga kerja. Akan tetapi selain dampak positif yang muncul, pastinya adapun dampak negatif yang timbul berupa limbah industri yang tidak dikelola dengan baik sehingga mengakibatkan gangguan keseimbangan lingkungan, sehingga pembangunan berwawasan lingkungan sulit untuk dicapai (M. Andika, 2018).

Air limbah kelapa sawit adalah residu hasil produksi yang merupakan polutan yang mampu menyebabkan efek buruk terhadap lingkungan sekitar. Air limbah kelapa sawit memiliki kadar bahan organik yang tinggi sehingga bahan pencemarnya akan semakin besar, karena akan memerlukan degradasi bahan organik yang lebih besar. Kandungan limbah kelapa sawit berupa padatan melayang dan terlarut serta minyak dalam air. Jika limbah itu langsung dibuang ke badan air maka akan mengakibatkan kerusakan pada lingkungan dan biota yang ada serta bau yang dihasilkan akan sangat mengganggu (Syamriati, 2021). Melihat tingginya potensi pencemarnya lingkungan akibat pengolahan industri kelapa sawit perlunya mengetahui pengelolaan limbah cair yang benar hingga menghasilkan kadar organik sesuai dengan aturan yang ada pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 terkait baku mutu air limbah kelapa sawit.

Menurut hasil penelitian Yasmin Nabila 2022, didapatkan karakteristik awal air limbah kelapa sawit yaitu pH sebesar 7,63, BOD sebesar 802,19 mg/l, COD sebesar 2871,29 mg/l, TSS sebesar 1850 mg/l serta minyak dan lemak sebesar 700 mg/l. Sehingga, rasio BOD/COD pada penelitian tersebut didapatkan 0,28. Rasio BOD/COD tidak lebih dari sekedar indikator dampak output dari zat organik yang berada pada air, limbah, lindi, kompos dan lain-lain baik dari alam maupun buatan. Ketika suatu limbah tingkat degradasinya semakin tinggi, maka rasio BOD/COD tersebut akan berbanding lurus menjadi semakin besar. Terdapat zona-zona pada rasio BOD/COD yang terbagi menjadi tiga, zona stabil, zona biodegradable, dan zona toksik. Rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologis adalah di dalam range biodegradable yaitu 0,2-0,5 (suriana vurigga, 2020).

Oleh karena itu, diperlukan pengolahan air limbah hasil produksi pabrik kelapa sawit sebelum di buang ke lingkungan. Pengolahan air limbah ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Pada metode konvensional pertama yaitu dengan proses kolam aerob dan anaerob yang terdiri dari *cooling pond* memiliki kelebihan dari hasil olahan limbah yang dihasilkan lebih jernih tanpa padatan tersuspensi. Namun, kekurangan dari kolam aerob dan anaerob ini adalah membutuhkan lahan yang sangat luas, serta membuang gas metana yang dihasilkan dan terlalu banyak akumulasi lumpur yang mengakibatkan biaya perawatan yang cukup tinggi. Metode konvensional kedua, yaitu sistem aplikasi lahan (*Land Application*) yang memiliki kelebihan hasil buangnya akan disalurkan ke area kebun kelapa sawit sebagai pupuk namun kekurangan dari metode ini yaitu saat proses pengolahan limbah dikolam tidak cukup efektif dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah kelapa sawit serta membutuhkan lahan yang sangat luas (Melisa dan Mulono Apriyanto, 2020).

Salah satu teknologi yang efektif dan efisien digunakan dalam mengolah air limbah industri kelapa sawit adalah *roughing filter* yang memanfaatkan beberapa kompartemen yang diisi dengan berbagai macam media. Jenis media yang umumnya digunakan yaitu pasir dan kerikil, namun dapat diganti dengan bahan apapun tapi bersifat tidak larut dalam air. Kelebihan dari *roughing filter* ini memiliki efisiensi pengolahan yang tinggi dalam menurunkan kadar kontaminan sekitar 70%-90% (Niesa Hanum dan Sri Puji 2019). Sehingga, nantinya air buangan

yang telah melewati proses tersebut dapat diterima oleh lingkungan. Keunggulan lainnya yaitu prosesnya sangat ramah lingkungan dan tidak diperlukan bahan khusus seperti bahan kimia maupun mikroorganisme dalam mengolah air limbah. Di sisi lain, biaya operasi dan perbaikannya juga lebih ekonomis dibandingkan dengan teknologi lainnya serta perawatannya yang tidak begitu rumit.

Roughing filter terbagi atas dua menurut arah alirannya yaitu *horizontal roughing filter* dan *vertical roughing filter*. Saat ini umumnya masih digunakan dengan sistem gabungan dengan teknologi lainnya sehingga belum banyak yang digunakan secara terpisah dan juga limbah industri yang diolah belum banyak dipakai di industri kelapa sawit. Oleh karena itu, perlunya pengembangan sistem *roughing filter* sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah kelapa sawit (Heni Widyaningrum dan Yayok Suryo, 2020). Media *roughing filter* yang digunakan terdiri dari plastik PET, gambut dan cangkang sawit. Melihat dari segi ekonomis dan bahan yang mudah di dapat sehingga perlunya pemanfaatan sampah plastik dan juga sisa limbah padat dari produksi kelapa sawit yang ternyata mampu menurunkan kadar kontaminan. Menurut penelitian Heni widyaningrum 2020, efisiensi pengolahan *roughing filter* untuk BOD sebesar 82,15% dengan konsentrasi akhir 153,87 mg/l, COD sebesar 85,71 % dengan konsentrasi akhir 377,68 mg/l, TSS sebesar 73,01% dengan konsentrasi akhir 197,03 mg/l dan minyak dan lemak 40% dengan konsentrasi akhir 300 mg/l.

Maka dari itu dilakukan penelitian dengan menggunakan teknologi *roughing filter* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat efisien teknologi tersebut dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD, TSS, dan Minyak dan Lemak pada air limbah industri kelapa sawit. Penelitian ini juga didasari karena belum adanya penelitian terdahulu terkait penggunaan *roughing filter* dalam pengolahan air limbah kelapa sawit. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan dalam berbagai perencanaan serta pengembangan dalam mengolah air limbah industri kelapa sawit serta turut berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan terkait teknologi *roughing filter* serta bisa menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik air limbah kelapa sawit ?
2. Bagaimana pengaruh debit dan jenis media yang berbeda pada *roughing filter* dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah industri kelapa sawit ?
3. Bagaimana tingkat efisiensi debit dan jenis media yang berbeda pada *roughing filter* dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah industri kelapa sawit ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis karakteristik air limbah kelapa sawit
2. Menganalisis pengaruh debit dan jenis media yang berbeda pada *roughing filter* dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah industri kelapa sawit
3. Menganalisis tingkat efisiensi debit dan jenis media yang berbeda pada *roughing filter* dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah industri kelapa sawit

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi penulis

Sebagai bentukan kontribusi dalam menjalankan salah satu kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu melakukan penelitian sebagai syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi pelaku usaha

Sebagai salah satu referensi untuk penelitian selanjutnya dalam pengembangan bidang kualitas air pada metode pengolahan air limbah utamanya pada pengolahan air limbah industri kelapa sawit dengan metode *roughing filter*.

3. Bagi instansi pendidikan

Sebagai upaya alternatif pengolahan air limbah industri kelapa sawit dalam usaha pengelolaan lingkungan utamanya pada air limbah.

4. Bagi masyarakat

Dapat memberikan pengetahuan bagi masyarakat mengenai pengolahan air limbah industri kelapa sawit dengan metode *roughing filter* sehingga masyarakat sadar akan pentingnya pengolahan air limbah.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk mengarahkan penulis pada penelitian ini, maka diberikan batasan agar penulis dapat lebih fokus dan terarah pada suatu batasan tertentu. Adapun batasan masalah dalam studi ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan berupa penelitian eksperimental disalah satu industri kelapa sawit dan dilaksanakan dalam skala laboratorium yang terletak di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Model prototipe pengolahan air limbah industri kelapa sawit menggunakan *roughing filter*.
3. Pengambilan sampel dilakukan langsung pada pembuangan air limbah industri kelapa sawit.
4. Pengukuran efektivitas *roughing filter* dalam penelitian ini dibatasi pada pengukuran besarnya penurunan kadar kontaminan dalam limbah cair industri kelapa sawit pada variasi debit 20,8 ml/menit dan 41,6 ml/menit . Untuk jenis media yaitu cangkang sawit, gambut, plastik PET.
5. Pengujian akhir yaitu menganalisis kadar kontaminan air limbah industri kelapa sawit yang telah melewati proses pengolahan *roughing filter* yaitu pH, BOD, COD, TSS, dan Minyak dan Lemak.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dijelaskan bahwa air limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Air limbah industri merupakan air sisa yang dihasilkan dari pengolahan produksi pada suatu industri. Air limbah ini termasuk dalam golongan air yang memiliki kualitas yang buruk karena adanya kadar kontaminan yang berada di dalam air tersebut. Jenis air limbah yang dihasilkan tiap industri bermacam-macam tergantung dari pemrosesan bahan baku awal, penggunaan air pada proses industrinya, reaksi yang terjadi pada saat produksi, bahan adiktif yang digunakan, temperatur penggunaan air serta hasil reaksi dan kontak dengan air yang digunakan (Muhammad amirul dkk, 2021).

2.1.1 Sumber air limbah

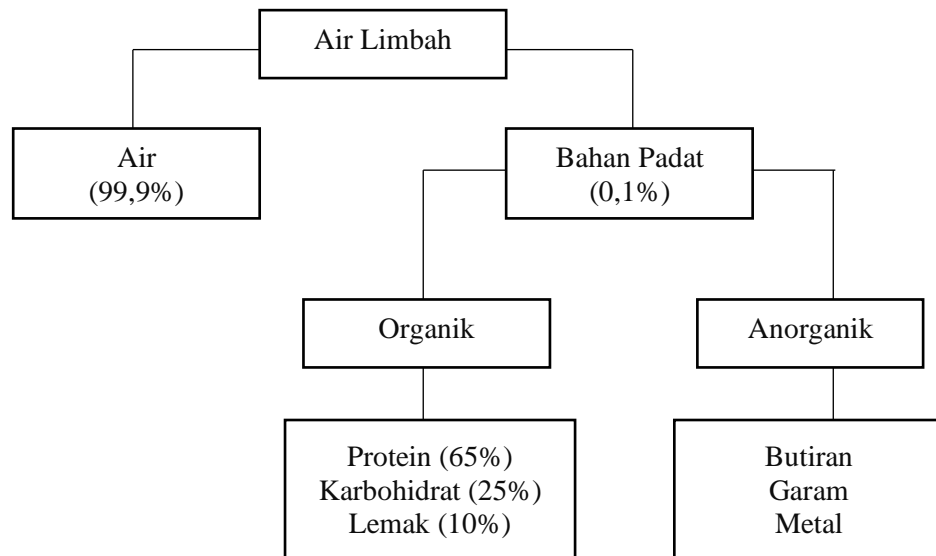
Menurut Dhita Marantiah (2019), sumber-sumber air limbah yaitu :

- Berasal dari rumah tangga (*domestic sewage*), misalnya air dari kamar mandi dan dapur.
- Berasal dari perusahaan (*commercial waste*), misalnya dari restoran, hotel dan kolam renang.
- Berasal dari industri (*industrial waste*), misalnya dari beberapa pabrik yang menghasilkan produk
- Berasal dari sumber lainnya, misalnya pada air hujan yang telah bercampur dengan air lainnya.

Air limbah biasanya dihasilkan dari banyaknya jenis aktivitas manusia. Semakin banyak aktivitas yang dilakukan manusia, maka akan semakin banyak air limbah yang dihasilkan. Pada umumnya di bidang industri memiliki aktivitas bervariasi sehingga dipengaruhi oleh faktor jenis bahan baku, kapasitas produksi, jumlah karyawan, dan kebijakan manajemen industri.

2.1.2 Komposisi air limbah

Menurut Debora Saragih dkk (2018), Air limbah memiliki komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Namun, secara garis besar kandungan zat yang terdapat didalam air limbah dapat dikelompokkan pada skema komposisi air limbah yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema komposisi air limbah
Sumber : Debora Saragih dkk, 2018

2.1.3 Karakteristik air limbah

Sakti A. Siregar (2005) menyatakan karakteristik air limbah terbagi atas tiga, yaitu sebagai berikut :

1. Karakteristik fisik

Karakteristik fisik pada air dapat meliputi bau, warna, temperatur, dan padatan. Temperatur menandakan tingkat panas/dingin suatu air limbah dan merupakan parameter cukup penting pada unit pengolahan. Bau pada air menunjukkan adanya komponen-komponen lain didalam air sehingga ini bersifat subjektif. Sedangkan untuk warna pada air biasanya dipengaruhi oleh padatan yang ada pada air limbah.

2. Karakteristik biologi

Pada proses biologis, keberadaan bakteri didalam unit pengolahan air limbah merupakan titik utamanya karena bakteri mampu mengevaluasi kualitas air. Mikroorganismenya ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah.

3. Karakteristik kimia

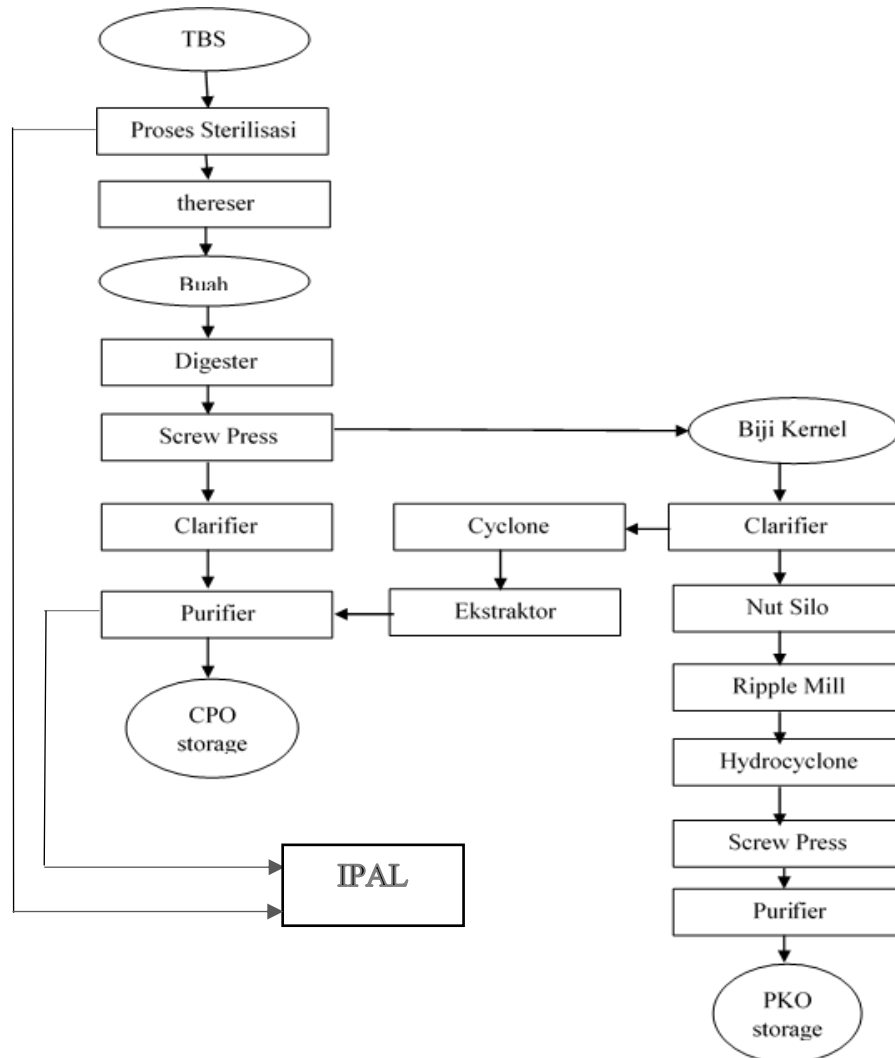
Karakteristik kimia pada air limbah meliputi senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa organik merupakan karbon yang dicampurkan dengan satu atau lebih elemen-elemen lain (O, N, P, H). Senyawa anorganik biasanya terdiri atas semua kombinasi elemen yang tidak tersusun dari karbon organik. Elemen-elemen yang memiliki jumlah tinggi akan menjadi toksik dan menghalangi proses-proses biologis.

2.2 Industri Kelapa Sawit

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) merupakan industri di Indonesia yang cukup banyak dan merupakan salah satu industri yang menjadi pemasukan terbesar negara ini. Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar dalam mengembangkan industri kelapa sawit karena luas areal kelapa sawit di Indonesia telah mencapai 11,8 juta Hektar diantara negara di dunia. Limbah cair kelapa sawit atau *palm oil mill effluent* (POME) adalah jenis limbah agroindustri yang kandungannya berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil pengolahan tanda buah segar kelapa sawit yang menghasilkan produk *Crude Palm Oil* (CPO). Jika tidak dilakukan pengolahan pada air limbah yang belum terdegradasi tinggi tadi maka akan membuat penurunan kualitas perairan dan lingkungan (Debora Saragih dkk, 2018).

2.2.1 Alur produksi industri kelapa sawit

Pada proses pembuatan minyak mentah (*crude palm oil* : CPO) melalui beberapa tahap. Adapun alur pada industri kelapa sawit dapat kita lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur proses pengolahan minyak kelapa sawit

Sumber : Debora Saragih dkk, 2018

Tahap awal dimulai dengan stasiun penerimaan buah yaitu penimbangan buah, kemudian TBS dibawa truk pengangkut untuk dipindahkan ke *loading ramp*. Pada *loading ramp* dilakukan sortasi buah yang dibutuhkan untuk produksi. Selanjutnya stasiun pemasakan (*Sterilizer*) dimasukkan TBS untuk proses pemasakan yang berlangsung selama 90 menit dengan bantuan *saturated steam* yang berasal dari *boiler* yang bertekanan $\pm 3 \text{ kg/cm}^2$ dan temperatur $132,88^\circ\text{C}$. Lalu pada stasiun penebahan (*Thresher*) dilakukan pemisahan buah sawit dengan

tandannya. TBS akan terbanting oleh karena putaran pada alat ini, sehingga buah yang menempel pada tandan akan terlepas dan jatuh ke *bottom conveyor*. Pada Stasiun berikutnya ini terdiri dari dua alat proses yaitu *digester* dan *screw press*. Pada *digester* dilengkapi dengan pisau pengaduk yang berfungsi sebagai pelumat buah sawit. Kemudian lumatan buah yang berupa serat dan biji masuk ke dalam *screw press* untuk diperas. Setelah semuanya selesai maka minyak akan disimpan pada tempat penyimpanan minyak disuhu sekitar 60°C (Debora Saragih dkk, 2018).

2.2.2 Sumber air limbah pabrik kelapa sawit

Air limbah industri kelapa sawit merupakan hasil dari suatu proses kegiatan pabrik yang menggunakan air per satuan waktu atau per satuan bahan baku (produksi). Sumber air limbah pabrik kelapa sawit berasal dari kegiatan proses produksi yaitu pada stasiun klarifikasi minyak, proses pencucian dalam suatu pabrik adalah suatu proses yang rutin dilakukan untuk kebersihan dan pemeliharaan sistem dalam lokasi pabrik dan dilakukan setiap suatu periode tertentu. Pencucian dilakukan terhadap unit-unit perangkat proses atau mesin-mesin proses produksi minyak sawit, pembersihan lokasi sekitar unit pemroses dan di beberapa bagian penunjang, seperti bengkel, *power house*, *pump house* dan lain sebagainya (Ronal HT dkk, 2021).

2.2.3 Parameter air limbah kelapa sawit

2.2.3.1 pH (*power of hydrogen*)

Power of hydrogen atau yang kerap disebut pH adalah salah satu parameter kualitas air yang sangat penting dan perlu diketahui nilainya termasuk pada air limbah maupun air minum karena berpengaruh terhadap organisme perairan. Dari nilai pH yang didapatkan saat mengukur kualitas air, kita juga mampu membedakan jenis air ini termasuk asam atau basa karena jika berlebihan juga akan berdampak buruk pada makhluk hidup dan ekosistemnya. Standar konsentrasi pH sangat berpengaruh salah satunya terhadap proses biologi perairan namun biasanya angka yang diperbolehkan kisaran 6 hingga 9. Adanya air limbah dengan konsentrasi yang ekstrim sangat sulit bagi kehidupan

biologi, karena air limbah dapat mengubah konsentrasi zat organik lain diperairan (Henny Pagoray dkk, 2021).

2.2.3.2 BOD (*biological oxygen demand*)

Biological Oxygen Demand adalah parameter kualitas air yang menunjukkan nilai total oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme dalam air untuk mengilangkan/dekomposisi bahan-bahan organik yang terkandung di air. Penurunan kadar BOD biasanya mampu dihilangkan pada proses biologis karena melibatkan bakteri. Apabila dalam suatu perairan terdapat bakteri yang aktif mengurai bahan organik maka oksigen didalam air juga akan cepat habis sehingga jika memiliki nilai BOD yang terlalu besar akan sangat merugikan dikawasan perairan yang tercemar. Metode pengukuran nilai BOD sesuai pada SNI : 6989.72:2009 dengan cara titrasi. Pada proses pengukuran dilakukan dengan pendekatan periode 5 hari atau disebut BOD₅ sehingga nantinya dapat dibandingkan selisih BOD saat di hari pertama hingga kelima sesuai dengan prosedur pengukurannya (Henny Pagoray dkk, 2021).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 dinyatakan bahwa untuk nilai BOD yang diperbolehkan pada air limbah industri kelapa sawit adalah 100 mg/L. Apabila nilainya diperoleh melebihi dari jumlah yang ditetapkan maka akan merusak lingkungan yang terkena limbah tersebut.

2.2.3.3 COD (*chemical oxygen demand*)

Chemical Oxygen Demand hamir mirip dengan *Biological Oxygen Demand* karena sama-sama menyatakan jumlah oksigen dalam mengoksidasi zat organik namun masih memiliki perbedaan. COD merupakan jumlah oksigen yang sangat dibutuhkan dalam mengoksidasi bahan organik yang terdapat dalam air secara kimia. Hal ini yang mampu membuat air limbah berada dalam kondisi anaerobik. Metode pengukurannya sesuai pada SNI : 6989.2:2009 dengan penggunaan asam kromat. Secara umum konsentrasi COD yang tinggi dalam air menunjukkan bahwa adanya bahan pencemar organik yang banyak. Sejalan dengan hal ini jumlah mikroorganisme, baik yang

merupakan pathogen maupun tidak pathogen juga banyak. Adapun mikroorganisme pathogen dapat menimbulkan berbagai macam penyakit bagi manusia. Selain itu konsentrasi COD yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen-oksigen terlarut dalam air menjadi rendah bahkan habis sama sekali. Akibatnya oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk hidup di air tidak terpenuhi sehingga makhluk hidup tersebut menjadi mati. Sehingga dengan hasil COD yang telah rendah yaitu di bawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan, maka disimpulkan air limbah dapat dibuang secara aman di badan air karena kadar COD yang terkandung dalam air tidak membahayakan bagi lingkungan baik bagi manusia maupun hewan dan tumbuhan yang hidup di badan air penerima (Yuyun Kurniawati dan Naely Maqfiroh, 2019)

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI nomor 5 tahun 2014 dinyatakan bahwa untuk nilai COD pada air limbah industri kelapa sawit yaitu 350 mg/l. Jika nilai COD industri melebihi dari nilai yang ditetapkan air limbah tersebut tidak seharusnya dibuang ke lingkungan karena akan menjadi bahan pencemar.

2.2.3.4 TSS (*total suspended solid*)

Total suspended solid merupakan semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi didalam air dan tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari partikel koloid. Zat padatan tersuspensi adalah tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebaagai pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik disuatu perairan. Padatan tersuspensi berkolerasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan trsuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Jika hal tersebut terjadi maka akan menyulitkan penetrasi cahaya ke dalam air sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna (Henny Pagoray dkk, 2021).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 tahun 2014 dinyatakan bahwa untuk nilai TSS pada air limbah industri kelapa sawit yaitu 250mg/L. Jika nilai TSS industri melebihi dari nilai yang ditetapkan airnya air limbah tersebut tidak seharusnya dibuang ke lingkungan karena akan menjadi

bahan pencemar. Metode pengukurannya menggunakan cara gravimetri sesuai dengan SNI : 06-6989.11-2004.

2.2.3.5 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak adalah senyawa trigliserida atau trilisierol yang apabila nantinya dihidrolisis menghasilkan asam lemak dan gliserol. Lemak pada umumnya jika pada kondisi suhu ruang berwujud padat serta minyak berwujud cair. Minyak dan lemak merupakan golongan lipid yang berupa senyawa organik yang tidak akan larut dalam air, namun akan larut pada pelarut nonpolar. Kelarutan tersebut disebabkan karena minyak dan lemak mempunyai kepolaran yang sama dengan pelarut nonpolar, tetapi dapat berubah jika adanya proses kimiawi (HRA Mulyani dan Agus Sujarwan, 2018).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 dinyatakan bahwa untuk nilai minyak dan lemak pada air limbah industri kelapa sawit, yaitu 25 mg/l. Jika nilai minyak dan lemak industri melebihi dari nilai yang ditetapkan airnya air limbah tersebut tidak seharusnya dibuang ke lingkungan karena akan menjadi bahan pencemar. Metode pengukuran minyak dan lemak yaitu sesuai dengan SNI : 6989.10:2011 secara gravimetri. Kandungan minyak dan lemak yang terdapat dalam air limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput.

2.3 Baku Mutu Air Limbah

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemaran dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Penetapan baku mutu air limbah ini merupakan usaha pengolahan kualitas lingkungan pada sumbernya sebelum di lepas ke badan air. Selain itu, penetapan baku mutu air limbah melalui peraturan menteri dapat dijadikan landasan hukum dalam penindakan pihak yang

tidak melakukan pengolahan air limbah industri kelapa sawit yang dihasilkannya. Ketentuan baku mutu air limbah industri kelapa sawit yang telah ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu air limbah industri kelapa sawit

Parameter	Kadar paling tinggi (mg/L)	Beban pencemaran paling tinggi (Kg/ton)
BOD ₅	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
pH	6,0-9,0	
Debit limbah paling tinggi	2,5 m ³ per ton produk minyak sawit (CPO)	

Sumber: peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan republik indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah

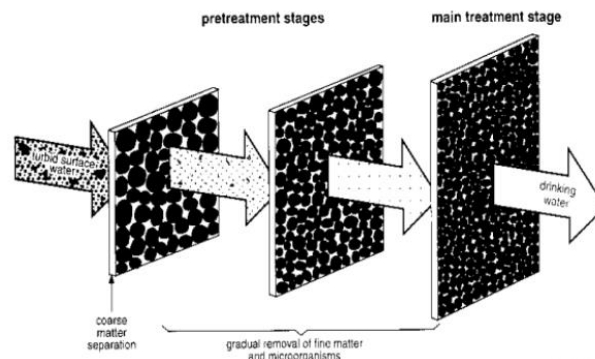
2.4 *Roughing Filter*

Roughing filter merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pengolahan air limbah karena didalamnya terdapat proses degradasi secara fisik, biologi, dan kimiawi sehingga mampu menghilangkan kadar kontaminan zat organik dalam air limbah sekitar 70% - 90% (Wahyono Hadi, 2012). Walaupun teknologi ini menggunakan nama filter namun beda halnya dengan filter biasa pada umumnya. *Roughing filter* dianggap cukup efisien dan ramah lingkungan karena dapat memisahkan padatan tanpa penambahan bahan kimia di dalam prosesnya tapi tidak membutuhkan waktu yang lama. Keunggulan lainnya pula pada tahap perawatan teknologi ini cukup mudah. Mekanisme degradasi pada *Roughing filter* adalah:

- Transfer mikroorganisme dari cairan ke biofilm
- Adsorpsi mikroorganisme yang berlangsung pada biofilm.
- Pada lapisan biofilm akan terjadi reaksi metabolik mikroorganisme
- Mikroba akan menempel pada permukaan media saat biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan biofilm.
- Mekanisme pelepasan biofilm dan produk lainnya yang terbentuk.

Roughing filter dapat dikatakan sebagai *pre-treatment* yang efisien dalam menurunkan tingginya tingkat padatan tersuspensi pada air permukaan. *Roughing filter* biasanya terdiri dari material filter dengan ukuran yang berbeda dan secara

berturut-turut mengecil searah dengan aliran. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh media filter kasar yang ditempatkan setelah inlet, yang berikutnya adalah media medium dan media filter yang lebih halus selanjutnya akan mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi (Muhammad busyairi dkk, 2018)

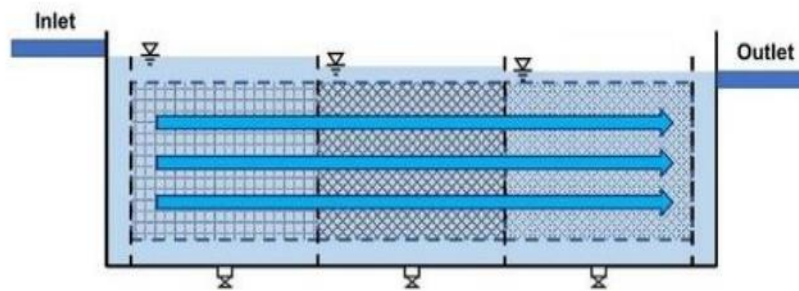


Gambar 3. Ukuran material filter pada *roughing filter*

Media filter dari *roughing filter* terdiri dari material yang relatif kasar berukuran 24-2 mm. *Gravel* umumnya digunakan sebagai media filter. Efisiensi removal padatan secara signifikan hanya bisa dicapai pada kondisi aliran laminar sejak sedimentasi merupakan proses utama pada penyaringan kasar. Oleh karena itu, *Roughing filter* dioperasikan pada beban hidroulik yang kecil. Kecepatan filtrasi biasanya berkisar 0,3-1,5 m/h. Pada dasarnya ada dua jenis *roughing filter* yang dibedakan oleh arah alirannya, yaitu *roughing filter* aliran vertikal dan *roughing filter* aliran horizontal. Menurut (Wahyono Hadi, 2012) pada umumnya teknologi *roughing filter* terdapat dua jenis, yaitu *vertical flow filter* dan *horizintal flow filter*. Berikut penjelasan terkat dua jenis *roughing filter* :

2.4.1 Horizontal flow filter

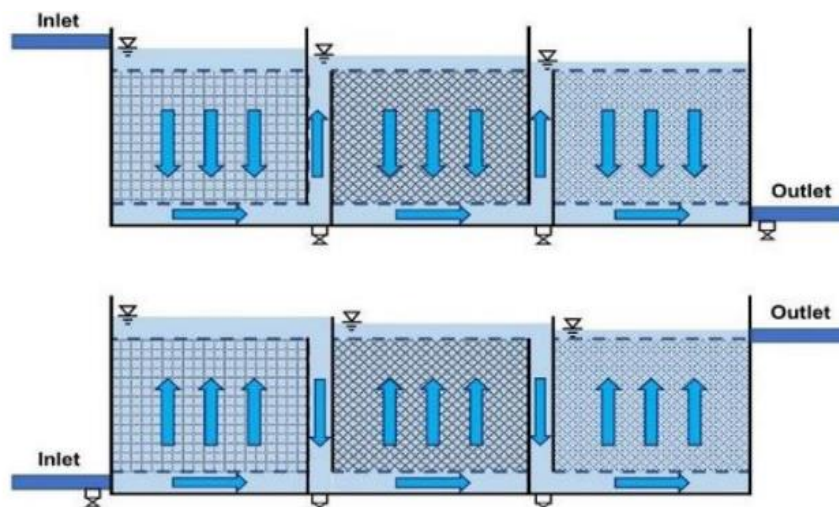
Horizontal flow filter merupakan jenis *roughing filter* dengan aliran *horizontal* kesamping. Pada *horizontal roughing filter* ini memungkinkan penggunaan panjang filter yang tidak terbatas dan juga terdiri lebih banyak kompartemen dalam proses pengolahannya. Biasanya jika menggunakan jenis ini maka metode pembersihan teknologinya dilakukan secara manual.



Gambar 4. *Horizontal roughing filter*

2.4.2 Vertical flow filter

Vertical flow filter ini dibedakan menjadi dua aliran yaitu secara *up flow* (aliran ke atas) dan juga *down flow* (aliran ke bawah). Namun pada *roughing filter upflow* untuk kecepatan alirannya mampu mencapai 20 m/jam dan itu biasanya dipengaruhi oleh media yang digunakan. Saat menggunakan media yang memiliki rongga lebih besar maka alirannya akan relatif tinggi sehingga tidak cepat terjadi *clogging*. Dari kedua macam aliran pada *vertical roughing filter* yang cukup menjadi perbedaan diantara keduanya yaitu proses pembersihan dari teknologi tersebut. Untuk *roughing filter upflow*, pembuangan hasil air pencucian akan bersatu dengan sistem *under drain* setelah melewati media filter. Untuk *roughing filter downflow*, pembuangan dari hasil pencuciannya melalui pelimpah yang terletak dibagian atas media filter.

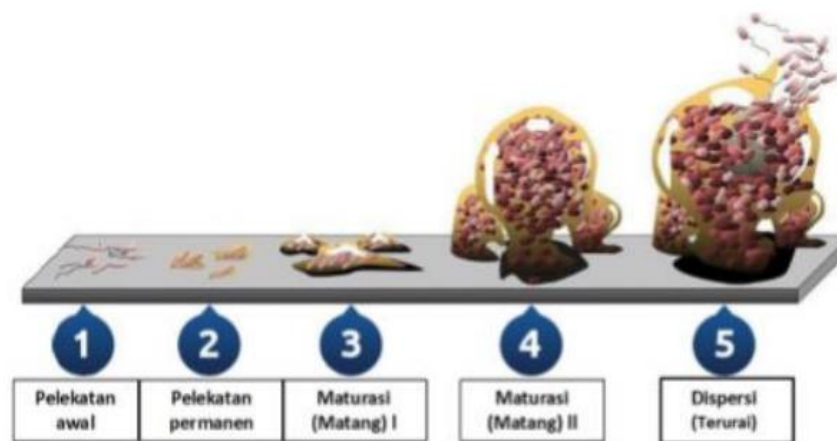


Gambar 5. *Roughing filter aliran vertikal downflow dan upflow*

Proses yang terjadi pada *roughing filter* serupa dengan *trickling filter*. Kandungan bahan organik di dalam air buangan didegradasikan oleh sejumlah mikroorganisme pada media filter. Bahan organik diadsorb ke dalam lapisan slime, sedang degradasi secara aerob terjadi pada lapisan luar slime. Seiring dengan pertumbuhan mikroorganisme, maka ketebalan slime-pun meningkat. Oksigen terdifusi telah habis dikonsumsi sebelum sempat mencapai bagian dalam media, karenanya lingkungan anaerobik terdapat pada bagian sebelah dalam media. Semakin menebalnya lapisan slime menyebabkan bahan organik teradsorpsi dan mengalami metabolisme sebelum mencapai mikroorganisme pada permukaan media, sebagai akibatnya mikroorganisme tidak memperoleh sumber organik eksternal untuk sel karbon dan mikroorganisme mengalami fase endogenous lalu kehilangan kemampuan menempel pada media. Air yang mengalir akan menggerus lapisan slime untuk selanjutnya terbentuk lapisan slime baru. Keadaan dimana tergerus inilah yang dikenal sebagai *clogging*. Komunitas biologis yang hidup di dalam filter terdiri dari mikroorganisme perintis baik aerobik, anaerobik maupun fakultatif, juga terdapat bakteri, jamur, algae dan protozoa. Mikroorganisme tingkat tinggi yang terdapat adalah serangga, larva, siput dan cacing. Namun bakteri fakultatif merupakan mikroorganisme paling dominan yang biasa hidup dalam *trickling filter*.

Pada *roughing filter*, mikroorganisme akan berkembang dan tumbuh pada media penyangga yang digunakan. Media yang dapat digunakan sebagai tempat melekatnya atau tumbuhnya mikroorganisme pun bermacam-macam seperti media yang terbuat dari plastik ataupun kerikil. Selanjutnya air limbah yang telah kontak dengan media baik secara terendam ataupun hanya dilewati saja akan membentuk lapisan seperti lendir yang melekat pada media yang digunakan sehingga akan terbentuk juga biofilm pada media. Biofilm memerangkap nutrisi untuk pertumbuhan populasi mikroorganisme dan membantu mencegah lepasnya sel-sel dari permukaan pada sistem yang mengalir. Permukaan sendiri adalah habitat yang penting bagi mikroorganisme karena nutrisi dapat terperap pada permukaan sehingga kandungan nutrisinya dapat lebih tinggi daripada di dalam larutan. Konsekuensinya, jumlah dan aktivitas mikroba pada permukaan biasanya lebih tinggi daripada di air (Hadiwidodo, 2012). Ada 5 tahap pembentukan biofilm yaitu:

1. Pelekatan awal: mikrob melekat pada permukaan suatu benda dan dapat diperantarai oleh fili (rambut halus sel) contohnya pada *P.aeruginosa*.
2. Pelekatan permanen: mikrob melekat dengan bantuan eksopolisakarida (EPS).
3. Maturasi I: proses pematangan biofilm tahap awal.
4. Maturasi II: proses pematangan biofilm tahap akhir, mikrob siap untuk menyebar.
5. Dispersi: sebagian bakteri akan menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.



Gambar 6. Tahap pembentukan biofilm

Apabila pada media terbentuk lapisan lendir yang berwarna hitam kecoklatan serta tidak mudah terlepas dari media, maka dapat dipastikan bahwa telah tumbuh mikroorganisme pada media. Sampai mikroorganisme tumbuh diperlukan waktu selama 2 minggu. Hal tersebut dilakukan untuk didapatkan hasil sampai terjadi steady state pada kondisi air limbah (Hadiwidodo, 2012).

2.5 Jenis Media

Pemilihan media pada proses filtrasi sangat mempengaruhi efluent. Media yang baik seharusnya merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berporipori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar (Ahmad Nur, 2016). Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu mempunyai luas permukaan yang besar, berporipori, aktif dan mumi, tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas media yaitu:

1. Luas permukaan

Semakin luas permukaan media, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan media

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm,

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar 10-15 menit.

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben.

2.5.1 Cangkang sawit

Buah kelapa sawit memiliki beberapa bagian salah satu komponennya adalah cangkang sawit. Cangkang kelapa sawit adalah komponen bagian paling keras yang terdapat pada kelapa sawit. Jika ditinjau dari karakteristik bahan baku dan dibandingkan dengan tempurung kelapa biasa, tempurung kelapa sawit memiliki banyak kesamaan. Perbedaan yang mencolok yaitu pada kadar abu (*ash content*) yang biasanya mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit (Ari yunica, 2017).



Gambar 7. Cangkang sawit

Cangkang kelapa sawit adalah salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar dan mencapai 60% dari produksi. Cangkang sawit memiliki kandungan berupa selulosa (26,27%), hemiselulosa (12,61%), dan lignin (42,96%). Cangkang kelapa sawit bisa dimanfaatkan sebagai arang aktif selain itu mampu menjadi media adsorban dalam pengolahan air. Cangkang kelapa sawit mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada kayu yang mencapai $1,4 \text{ gr/cm}^3$ (Ari yunica, 2017). Spesifikasi cangkang sawit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi cangkang sawit

Parameter	Prsentase berat kering (%)
<i>Moisture</i>	4,52
<i>Volatile metter (VM)</i>	82,86
<i>Fixed Carbon (FC)</i>	11,02
<i>Ash</i>	1,61
<i>Fuel Ratio</i>	0,13

Sumber : Raharjo, 2012

Cangkang sawit dimanfaatkan sebaai arang aktif yang dibuat melalui karbonisasi pada suhu 500°C Selama kurang lebih 3 jam sesuai dengan SNI 06-3730-1995 terkait arang aktif. Hal tersebut dilakukan agar menghasilkan arang cangkang dengan mutu yang baik. Karakteristik yang dihasilkan pula dari proses tersebut sesuai dengan Standar Industri Indonesia (SII). Pada beberapa penelitian arang aktif cangkang sawit dapat menurunkan kadar kontaminan. Beberapa parameternya yaitu berupa BOD, COD, TSS, Minyak dan lemak. Pada parameter BOD penurunnya sebesar 65% , pada kadar COD sebesar 75%, pada TSS Sebesar

80%-90%, serta untuk minyak dan lemak penurunannya sebesar 82%. Besar porositas cangkang sawit sebesar 78,21 %. Media cangkang memiliki pori-pori yang cukup banyak dari hasil pembakarannya sehingga dapat menampung lebih banyak mikroorganisme pengurai sebab memiliki diameter dan luas permukaan yang lebih kecil. Luas permukaan dapat dilihat dari nilai porositas media tersebut, semakin kecil nilai porositas media maka luas permukaannya semakin besar. Luas permukaan besar dan porositas rongga yang ada memungkinkan melekatnya mikroorganisme yang banyak pula (Muhammad al kholif dkk, 2018)

2.5.2 Plastik polyethylene terephthalate (PET)

Plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna. Menurut Destya Sasmitha (2017), plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu *thermoplastik* dan *termoset*. *Thermoplastik* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, dan *polyvinil chloride*. Sedangkan *termoset* adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *phenol formaldehid* dan *urea formaldehid*. *Polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Apabila dilakukan pemanasan, *polyethylene* akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. PET mempunyai kombinasi sifat-sifat: kekuatan (*strength*) yang tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrikal yang baik. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air.



Gambar 8. Media plastik PET

Menurut Arlini Dyah dan Maritha Nilam (2017), Plastik PET memiliki karakteristik ukuran partikel penyusun bahan yang kecil, sehingga nilai luas permukaan pada media biofilter dari PET menjadi besar, yang berpotensi terhadap bertambahnya luasan tempat melekatnya bahan organik menjadi biofilm sehingga meningkatkan kinerja pengolahan anaerobic biofilter. Dari hasil penelitiannya dapat menurunkan kadar kontaminan dengan media plastik PET pada BOD sebesar 79 %, COD sebesar 57 %, dan TSS sebesar 84 %. Besar porositas dari plastik PET sebesar 88,85%.

2.5.3 Gambut

Indonesia merupakan pemilik lahan gambut terbesar ke-4 di dunia. Ekosistem lahan gambut mempunyai potensi sebagai penyimpan unsur karbon. Gambut biasanya dianggap hal yang kurang memiliki manfaat, bahkan ketika musim kemarau, gambut dianggap menjadi penyebab polusi asap ketika terjadi kebakaran lahan. Sehingga dilakukannya penelitian yang menggunakan gambut sebagai media filter air (sri fatmawati dkk, 2021).



Gambar 9. Gambut

Sulawesi dan Kalimantan memiliki lahan gambut yang cukup luas sehingga memiliki peluang yang tinggi untuk dimanfaatkan dalam berbagai aspek. Namun pada penelitian sri fatmawati dkk (2021), penelitian yang dilakukan berupa pembuatan gambut menjadi arang aktif gambut yang nantinya arang tersebut dijadikan sebagai adsorben dalam penurunan kadar logam berat mercury (Hg). Dari penelitian ini didapatkan efisiensi pengolahannya mencapai 75%. Sehingga akan

digunakannya media ini dalam menguji beberapa parameter standar air limbah lainnya. Besar porositas dari gambut sebesar 82,82 %.

2.6 Studi Penelitian Terdahulu

Penelitian *roughing filter* telah banyak dilakukan namun diantaranya memiliki perbedaan pada hasil penelitian. Studi penelitian terdahulu yang sesuai dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Studi penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Imaning tyas fitri, ganjar samudro, dan sri sumiyati, 2010	Studi penurunan parameter TSS, dan turbidity dalam air limbah industri kelapa sawit artifisial menggunakan kombinasi <i>vertical roughing filter</i> dan <i>horizontal roughing filter</i>	Metode <i>roughing filter</i> dengan kombinasi <i>vertical roughing filter</i> dengan <i>horizontal roughing filter</i> dengan media arang halus menghasilkan efisiensi penurunan kadar TSS hingga 99,25% serta dipengaruhi oleh besarnya debit. Serta untuk efisiensi penurunan kadar kekeruhan pada media filter arang halus mencapai 99,66%
2.	Aloysius Oktavius Sari, 2015	Efektivitas pengolahan air dengan menggunakan reaktor <i>roughing filter</i> aliran horizontal dalam menurunkan kekeruhan dan kesadahan air sungai brantas	Metode <i>horizontal roughing filter</i> dengan penggunaan media zeolit, gerabah dan karbon aktif efektif menurunkan konsentrasi kekeruhan dan kesadahan air sungai sebesar 91,73% dan 74,42%. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan variasi tinggi tiap media yang mampu mempengaruhi besarnya konsentrasi kekeruhan dan kesadahan pada air sungai brantas.

3.	Rokhman Rosyid, 2014	Analisis aliran bahan terlarut melalui <i>horizontal roughing filter</i>	Metode <i>horizontal roughing filter</i> (HRF) dengan penggunaan media kerikil memiliki kemampuan dalam penurunan kandungan turbidity (inlet-outlet mencapai 51%. Efisiensi penghilangan kandungan orgaik (inlet-outlet) sebesar 79% sehingga HRF dianggap mampu memperbaiki kualitas air.
4.	Sri Wahyuningsi, 2006	Efektivitas <i>anaerobic horizontal roughing filter</i> dalam menurunkan TSS dan nitrat pada limbah cair industri batik	Metode <i>anaerobic horizontal roughing filter</i> mampu menurunkan kadar nitrat sebesar 14,97-63,49% dikarenakan reduksi ion nitrat menjadi gas nitrogen yang berlagsung dalam keadaan anaerobic. Untuk penurunan kadar TSS sebesar 16,00-87,76% disebabkan karna adanya filtrasi.
5.	Dias Yunita Nurmaliakasih, Abdul Syakur, dan Badrus Zaman, 2017	Penyisihan COD dan BOD limbah cair industri karet dengan sistem <i>horizontal roughing filtration</i> (HRF) dan plasma <i>dielectric barrier discharge</i> (DBD)	Metode <i>Horizontal roughing filtration</i> (HRF) dengan media batu apung dapat menyisihkan COD dari konsentrasi awal 2.630 mg/l menjadi 1.748 mg/l dan untuk BOD dari konsentrasi awal 852 mg/l menjadi 568 mg/l dengan efisiensi penyisihan COD 33% dan BOD 33,4%. Serta adanya bantuan plasma DBD dalam pengolahan selanjutnya.
6.	Flora Resti Utami, Ganjar Samudro, Sri Sumiyati, 2012	Studi penurunan parameter BOD, COD, dan BOD/COD	Dari gabungan kedua metode yaitu <i>horizontal</i> dan <i>vertical roughing filter</i> maka penyisihan optimum pada COD dan BOD

		menggunakan gabungan <i>vertical roughing filter</i> dan <i>horizontal roughing filter</i> pada air limbah cair domestic	dapat dipengaruhi oleh jenis media filter yang digunakan yaitu pada media kerikil dengan ukuran yang medium. Untuk optimal debit yang digunakan adalah 277,7 ml/jam untuk penyisihan COD.
7.	Heni Widyaningrum dan Yayok Suryo Purnomo, 2020	Penurunan BOD, COD, dan MLSS pada air limbah tahu menggunakan <i>fakultatif anaerobic horizontal roughing filter</i>	Metode <i>roughing filter</i> yang digunakan dengan debit 41,6 mL/menit paling baik dalam menurunkan BOD,COD, dan MLSS sehingga membuat waktu kontak air limbah dengan lapisan biofilm akan semakin lama sehingga waktu sampling yang baik adalah 48 jam. Media filter yang bagus menurunkan kadar kontaminan adalah kerikil karena memiliki luas permukaan yang besar sehingga mikroorganisme berkumpul lebih banyak.
8.	Jabbar H. Al-Baidhani dan Zaid H. Al-Khafajy, 2016	<i>Treatment of water and wastewater by using roughing filter technology of local materials</i>	Metode <i>upflow roughing filter</i> dengan media plastik lebih bagus dalam menurunkan kadar kekeruhan dan TSS. Efisiensi pengolahan pada air limbah industri kelapa sawit untuk BOD dan TSS adalah 44 % dan 96%.
9.	Niesa Hanum Mistoro dan Sri Puji Saraswati, 2019	<i>Design and modification of horizontal-flow roughing filter as water treatment at UGM retention pond</i>	Kolam retensi yang ada di UGM mampu dijadikan sebagai pengolahan air <i>Horizontal rouging filter</i> sehingga didapatkan spesifikasinya yaitu media yang digunakan berupa gravel dengan ukuran 24-16 mm

			serta target efisiensinya adalah 94%.
10.	Adillah Silviani, 2019	Studi penurunan kekeruhan dan <i>total suspended solid</i> (TSS) dengan menggunakan <i>horizontal roughing filter</i> .	Penelitian dengan metode <i>horizontal roughing filter</i> ini memiliki variasi kecepatan filtrasi yaitu 0,3 dan 0,5 m/jam. Menghasilkan hubungan debit dan kecepatan filtrasi berbanding lurus sehingga hasilnya kekeruhan dan TSS akan optimal di kecepatan rendah. Sedangkan untuk media yang lebih efektif adalah zeolit daripada kerikil karena tergantung dari luas permukaan media.
11.	Edhi Sarwono, musfik harits, dan budi nining widarti, 2017	Penurunan kadar TSS, BOD5, dan total coliform menggunakan <i>horizontal roughing filter</i>	<i>Horizontal roughing filter</i> yang digunakan terbagi atas 3 variasi media yang menjadi pembandingan untuk nilai hasil pengolahannya. Untuk media pipa didapatkan efisiensi pengolahannya untuk TSS dan total coliform sebesar 93,32 %. Untuk BOD penurunan terbesar terdapat pada media kerikil sebesar 73,47%.
12.	Onyeka Nkwonia,	<i>A comparison of horizontal roughing filter and vertical roughing filters in wastewater treatment using gravel as a filter media</i>	Keuntungan dari <i>horizontal roughing filter</i> yaitu kesederhanaan desain, kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan. HRF memiliki kinerja yang lebih bagus daripada vertikal. Untuk efisiensi pengolahan besi dan mangan 85-95%, kekeruhan 90%, TSS 75 %

13. Muhammad Busyairi, Rezkie Zulfikri, dan Edhi Sarwono, 2018	Teknologi <i>roughing filter</i> dalam peningkatan kualitas air permukaan dengan parameter <i>total suspended solids</i> (TSS) turbiditas dan total coliform	Pengolahan dengan metode HRF dilakukan dengan media batu bata dan kerikil. Efektifitas media kerikil dalam penurunan parameter TSS 82,21%, total coliform 95,43%, dan turbiditas 99,83%. Untuk media batu atau efisiensinya yaitu TSS sebesar 91,18%, total coliform 99,35%, dan turbiditas 99,76%.
14. Tri Nanda Iriyanti, 2014	<i>Detail Engineering Design</i> Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) kota Kediri Tahun 2030	Dalam perencanaan pengolahan air minum perlunya perancangan desain dengan menghitung dimensi dari kriteria desain yang telah ada. Salah satunya yaitu pada pengolahan dengan teknologi <i>roughing filter</i> yang memiliki variasi diameter media, kecepatan filtrasi yang berbeda hingga perhitungan debit dan medianya.
15. Arezo Fereidonian, Hamidi Abdul Aziz, Mohd Nordin, Ali Huddin Ibrahim, 2021	<i>Performance of horizontal roughing filter for colour removal of palm oil mill effluent using natural adsorbent</i>	Metode <i>roughing filter</i> yang digunakan untuk mengembangkan pengolahan yang ramah lingkungan serta memiliki fungsi yang mampu mengubah warna dalam air limbah kelapa sawit dengan penggunaan 2 media yaitu batu kapur dan batu gamping. Hasil yang diperoleh yaitu efisiensi penghilangan warna dengan media batu gamping ukuran 4 mm sebesar 61% sedangkan

			dengan media batu kapur ukuran 20 mm sebesar 18%.
16.	Aris munandar, syaifullah Muhammad, dan sri mulyati, 2016	Penyisihan COD dari limbah kelapa sawit dengan nano karbon aktif pada pengolahan <i>roughing filter</i>	Media yang digunakan pada pengujian yaitu nano karbon cangkang sawit dan nano zeolit. Namun hasil akhir yang membuktikan bahwa penggunaan cangkang kelapa sawit lebih baik penyisihannya dibandingkan dengan penggunaan nano zeolit. Waktu operasional yang efektif digunakan pada pengolahan ini adalah 4 jam. selain itu faktor yang mendukung dari hasil adsorpsi adalah ukuran partikel adsorben, lama waktu kontak, dosis dan jenis adsorben.
17.	Surani, 1997	Arang gambut sebagai media pengadsorpsi dalam proses pengolahan warna dan zat organik air gambut	Proses penghilangan warna dan zat organik air menggunakan arang gambut lebih baik daripada tempurung kelapa. Proses ini dilakukan dengan 2 model yaitu batch dan kontinu. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu arang gambut mampu menurunkan kadar warna dari 1064 TCU dan zat organik dari 250 mg/l menjadi 50 TCU dan 10 mg/l.
