

# **TESIS**

## **EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK PADA LIMBAH MEDIS MENGGUNAKAN KOMBINASI BIOADSORBEN FIBER SAWIT DAN MEMBRAN NANOFILTRASI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**



**ULFAH DWIJAYANTY  
03012682125005**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

# EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK PADA LIMBAH MEDIS MENGGUNAKAN KOMBINASI BIO ADSORBEN FIBER SAWIT DAN MEMBRAN NANOFILTRASI

## TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Magister  
Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Palembang, Maret 2025

Menyetujui  
Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., PhD  
NIP. 196009091987031004



Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197311052000032003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.  
NIP. 197502112003121002



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.  
NIP. 197502012000122001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Ilmiah dengan judul “Efektifitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Limbah Medis Menggunakan Kombinasi Bioadsorben Fiber Sawit Dan Membran Nanofiltrasi” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada

Palembang, 13 Maret 2025

Tim Penguji karya Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua:

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA  
NIP. 196010111985032002

(, Maret 2025)

Anggota:



1. Prof. Tuty Emilia Agustina, Ph.D  
NIP. 197208092000032001
2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T  
NIP. 198010312005011003

(, Maret 2025)


(, Maret 2025)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.  
NIP. 197502112003121002

 Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.  
NIP. 197502012000122001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ulfah Dwijayanty  
NIM : 03012682125005  
Judul : Efektifitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Limbah  
Medis Menggunakan Kombinasi Bioadsorben Fiber Sawit  
Dan Membran Nanofiltrasi

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 24 Maret 2025  
Yang Membuat Pernyataan,



Ulfah Dwijayanty  
NIM. 03012682125005

## RINGKASAN

EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR AMONIAK PADA LIMBAH MEDIS MENGGUNAKAN KOMBINASI BIOADSORBEN FIBER SAWIT DAN MEMBRAN NANOFILTRASI

Karya ilmiah berupa Tesis, Maret 2025

Ulfah Dwijayanty, Dibimbing oleh Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D dan Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D

Effectiveness Of Reducing Ammonia Content In Medical Waste Using A Combination Of Palm Fiber Bioadsorbent And Nanofiltration Membrane.

xii + 91 Halaman, 21 Tabel, 25 Gambar, 3 Lampiran

## RINGKASAN

Pengelolaan air limbah domestik Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Ogan Ilir dilakukan dengan menggabungkan metode adsorpsi menggunakan adsorben arang aktif fiber kelapa sawit dan filtrasi menggunakan membran nanofiltrasi (NF). Adsorben arang aktif fiber kelapa sawit dihasilkan melalui proses pembakaran pada suhu 100°C selama ±24 jam yang menghasilkan kadar air dan kadar abu masing-masing sebesar 1,179 dan 4,012%. Fiber kelapa sawit diaktivasi menggunakan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kemudian dianalisis menggunakan Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). Proses pengolahan limbah rumah sakit menghasilkan Efektivitas penurunan kadar Amoniak sebesar 94,92% pada tahap adsorpsi dengan menggunakan adsorben fiber sawit, dimana semakin banyak massa adsorben dan semakin lambat laju alirnya, maka semakin tinggi efektivitas penyerapan Amoniaknya. Serta semakin lama waktu operasinya maka semakin banyak Amoniak yang teradsorpsi. Namun pada waktu di menit ke 60 terjadi deadsorpsi yang menandakan Amoniak dalam limbah cair meningkat kembali. Efektifitas penurunan kadar Amoniak pada membran nanofiltrasi mencapai 100% pada beberapa variabel.

**Kata Kunci** : Adsorpsi, Amoniak, Fiber Kelapa sawit, Limbah Cair Medis, Nanofiltrasi

Kepustakaan : 104 (1998 – 2024)

## SUMMARY

EFFECTIVENESS OF REDUCING AMMONIA CONTENT IN MEDICAL WASTE USING A COMBINATION OF PALM FIBER BIOADSORBENT AND NANOFILTRATION MEMBRANE

Scientific paper in the form of Tesis, March 2025

Ulfah Dwijayanty, Dibimbing oleh Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D dan Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D.

Efektifitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Limbah Medis Menggunakan Kombinasi BioAdsorben Fiber Sawit dan Membran Nanofiltrasi

xii + 91 Pages, 21 Table, 25 Pictures, 3 Appendix

### SUMMARY

Management of domestic wastewater at the Ogan Ilir District General Hospital is carried out by combining the adsorption method using palm fiber activated charcoal adsorbent and filtration using nanofiltration (NF) membranes. Palm fiber activated charcoal adsorbent is produced through a combustion process at a temperature of 100°C for ±24 hours which produces a water content and ash content of 1.179 and 4.012% respectively. Palm oil fiber was activated using sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) then analyzed using a Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM- EDS). The hospital waste processing process resulted in the effectiveness of reducing ammonia levels by 94.92% at the adsorption stage using palm fiber adsorbent, where the greater the mass of the adsorbent and the slower the flow rate, the higher the effectiveness of ammonia absorption. And the longer the operating time, the more ammonia will be adsorbed. However, at the 60th minute, desorption occurred which caused the ammonia in the liquid waste to increase again. The effectiveness of reducing ammonia levels in nanofiltration membranes reaches 100% in several variables.

**Kata Kunci** : *Adsorption, Ammonia, Palm Fiber, Medical Liquid Waste, Nanofiltration*

Citations : 104 (1998 – 2024)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga laporan tesis dengan judul **“Efektifitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Limbah Medis Menggunakan Kombinasi Bioadsorben Fiber Sawit Dan Membran Nanofiltrasi”** dapat diselesaikan dengan baik. Laporan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister (M.T) pada Program Studi Teknik Kimia BKU Teknologi Lingkungan Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Semoga laporan tesis ini bermanfaat dan dapat menjadi acuan dalam pengembangan pengolahan limbah cair rumah sakit.

Laporan hasil penelitian ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Selpiana, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia.
4. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D selaku dosen pembimbing I.
5. Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing II.
6. Kedua Orang Tua, Suami, dan keempat anakku yang telah memberikan dukungan dan penyemangat dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan tesis ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Indralaya,   Maret 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	iv
RINGKASAN.....	v
SUMMARY .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR ISTILAH.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	17
1.1 Latar Belakang.....	17
1.2 Rumusan Masalah .....	20
1.3 Tujuan Penelitian.....	20
1.4 Manfaat Penelitian .....	20
1.5 Ruang Lingkup.....	21
1.6 Hipotesa Penelitian .....	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	23
2.1 Amoniak (NH <sub>3</sub> ) pada Limbah Medis .....	23
2.2 Bioadsorben Limbah <i>Fiber</i> Kelapa Sawit .....	27
2.3 Karbon Aktif.....	31
2.4 Uji Kualitas Arang Aktif .....	33
2.5 Proses Adsorpsi.....	34
2.6 Reagen Nessler.....	35
2.7 Membran Nanofiltrasi.....	36
2.8 Prinsip Kerja Membran Nanofiltrasi .....	39
2.9 Isoterm Adsorpsi .....	40
2.10 Scanning Electron Microscope (SEM) .....	43



2.11	Penelitian Terdahulu.....	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		47
3.1	Waktu dan Tempat.....	47
3.2	Alat dan Bahan.....	47
3.2.1	Alat.....	47
3.2.1	Bahan.....	48
3.3	Variabel Penelitian.....	48
3.4	Prosedur Penelitian .....	48
3.4.1	Preparasi Serat ( <i>Fiber</i> ) Kelapa Sawit menjadi Arang Aktif (Purba dkk, 2017).....	48
3.4.2	Uji Kualitas Arang Aktif Bioadsorben Serat ( <i>Fiber</i> ) Sawit.....	49
3.4.3	Pengawetan Sampel (Ratri, dkk) .....	49
3.4.4	Proses Pengolahan Limbah Cair Medis (Manaf dkk., 2021) .....	49
3.5	Metode Pengolahan Data .....	50
3.6	Analisa Sampel.....	51
3.6.1	Analisa Kadar Amonia ( $\text{NH}_3$ ) pada Sampel Limbah Medis.....	52
3.6.2	Analisa Derajat Keasaman (pH).....	52
3.6.3	Analisa SEM.....	52
3.7	Skema Rangkaian Alat.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		54
4.1	Karbonisasi Arang Aktif Fiber Kelapa Sawit.....	54
4.2	Karakterisasi Karbon Aktif Fiber Kelapa Sawit.....	54
4.2.1	Kadar Air Bioadsorben Fiber Kelapa Sawit (SNI 06 – 3730 1995) .....	54
4.2.2	Kadar Abu Bioadsorben Fiber Kelapa Sawit (SNI 06 –3730–1995).....	55
4.3	Karakteristik Awal Sampel Air Limbah Medis .....	56
4.4	Pengaruh Waktu Operasional, Massa, dan Laju Alir terhadap Derajat Keasaman (pH) Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Adsorpsi.....	57
4.5	Pengaruh Waktu Operasional, Massa, dan Laju Alir terhadap Penurunan Kadar Amoniak Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Adsorpsi .....	59

4.6	Pengaruh Waktu Operasional, Massa Adsorben dan Laju Alir terhadap Derajat Keasaman (pH) Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Membran Nanofiltrasi .....	61
4.7	Pengaruh Waktu Operasional, Massa Adsorben dan Laju Alir terhadap Kadar Amoniak Limbah Cair Medis Keluaran Kolom Membran Nanofiltrasi .....	62
4.8	Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Proses Adsorpsi dengan Adsorben Arang Aktif dari Fiber Kelapa Sawit .....	64
4.9	Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Pada Proses Filtrasi dengan Membran Nanofiltrasi .....	64
4.10	Isoterm Adsorpsi .....	65
4.11	Karakterisasi Adsorben Fiber Kelapa Sawit menggunakan SEM-EDS .....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		72
5.1	Kesimpulan .....	72
5.2	Saran .....	73
DAFTAR PUSTAKA .....		74
LAMPIRAN A .....		79
LAMPIRAN B .....		85
LAMPIRAN C .....		88

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Dokumentasi Penelitian .....	79
Lampiran B Hasil Analisis .....	85
Lampiran C Perhitungan .....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Fisik Amoniak.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia pada Serat Kelapa Sawit .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 3 Komposisi Kimia pada Serat Kelapa Sawit (Mulder,1996)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 1 Pengukuran kadar air.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 2 Pengukuran kadar Abu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 3 Hasil analisis kualitas karbon aktif.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Sampel Limbah Cair Medis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 5 Persentase Penurunan Kadar Amoniak Pada Kolom Adsorben	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 6 Persentase Penurunan Kadar Amoniak Kolom Membran Nanofilter untuk Laju Alir 2, 3, 4 L/menit .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 7 Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 8 Komposisi pada Adsorben Fiber Sawit Sebelum Aktivasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 9 Komposisi pada Adsorben Fiber Sawit setelah Aktivasi	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 10 Hasil analisis SEM pada karbon fiber sawit setelah proses.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Produk sampingan yang dihasilkan dari pembakaran bahan limbah kelapa sawit (Jagaba dkk., 2021) .....	29
Gambar 2.2 Serat ( <i>Fiber</i> ) Kelapa Sawit .....	30
Gambar 2.3 Karbon aktif (Rahmi dkk., 2018). .....	32
Gambar 2.4 Reaksi reagen Nessler dengan Amoniak (Rahman, 2019). .....	36
Gambar 2.5 Skema Pembagian Proses Filtrasi Berdasarkan Ukuran .....	38
Gambar 2.6 Karakteristik Proses Membran (Masturoh & Anggita, 2018) .....	40
Gambar 2.7 Jenis-jenis Isoterm Adsorpsi Menurut Klasifikasi IUPAC.....	41
Gambar 3.1 Jenis-jenis Isoterm Adsorpsi Menurut Klasifikasi IUPAC.....	54
Gambar 4.1. Proses Karbonisasi Fiber Kelapa Sawit: (a) Fiber sawit yang sudah di blender; (b) Fiber Sawit setelah dioven; (c) Arang fiber sawit setelah dihaluskan .....	55
Gambar 4.2. Pengaruh Waktu Operasi dan Laju Alir Keluaran kolom adsorpsi Terhadap Derajat Keasaman (pH) Limbah Cair Medis dengan Variasi Adsorben: (a)100 gram; (b) 140 gram: (c) 180 gram .....	55
Gambar 4.3 Pengaruh Waktu Operasi dan Laju Alir Keluaran kolom adsorpsi Terhadap Kadar Amoniak Limbah Cair Medis dengan Variasi Adsorben 100, 140, 180 gram.....	59
Gambar 4.4 Pengaruh Waktu Operasi dan Laju Alir Keluaran kolom membran nanofiltrasi Terhadap Derajat Keasaman Limbah Cair Medis dengan Variasi Adsorben; (a) 100 gram; (b) 140 gram; (c) 180 gram. . . .	62
Gambar 4.5 Pengaruh Waktu Operasi dan Laju Alir Keluaran kolom membran nanofiltrasi Terhadap Kadar Amoniak Limbah Cair Medis dengan Variasi Adsorben 100,140, 180 gram .....	63
Gambar 4.6 Grafik Isoterm Freundlich dengan variasi massa adsorben; (a) 100 gram; (b)140 gram; (c) 180 gram.....	66
Gambar 4.7 Grafik Isoterm Langmuir dengan variasi massa adsorben; (a) 100 gram; (b)140 gram; (c) 180 gram.....	66
Gambar 4.8 Foto Morfologi Permukaan Adsorben Fiber Sawit Sebelum Aktivasi (perbesaran 250 x).....	68

Gambar 4. 9 Foto Morfologi Permukaan pada Adsorben Fiber Sawit Setelah (perbesaran 250 x).....	69
Gambar 4.10 Foto Morfologi pada Adsorben Fiber Sawit Setelah Proses Adsorpsi (perbesaran 250 x).....	70

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
RO	<i>Reverse Osmosis</i>
NF	Nanofiltrasi
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
EDS	<i>Energy Dispersive x-ray Spectroscopy</i>
RSUD	Rumah Sakit Umum Daerah
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah

## DAFTAR SIMBOL

<i>V</i>	<i>Volume</i>	L
<i>A</i>	<i>Luas Permukaan</i>	Cm <sup>2</sup>
<i>t</i>	<i>Waktu</i>	min
<i>Ef</i>	<i>Efektivitas</i>	%



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan penduduk yang sangat pesat dan meningkatnya tuntutan pelayanan kesehatan semakin mendorong bertambahnya rumah sakit, baik rumah sakit pemerintah maupun swasta. Meningkatnya jumlah rumah sakit yang beroperasi menyebabkan potensi pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari kegiatan rumah sakit akan semakin meningkat. Air limbah yang berasal dari kegiatan rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemar air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Oleh karena itu diperlukan adanya upaya pengolahan limbah sesuai dengan karakter limbah itu sendiri sehingga tidak mengganggu struktur lingkungan dan memenuhi standar baku mutu sesuai dengan peruntukannya (Dewi dkk., 2019).

Karakteristik air limbah rumah sakit pada umumnya mengandung senyawa organik yang tinggi, senyawa-senyawa kimia yang berbahaya serta mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu pengelolaan terhadap air limbah rumah sakit perlu dilakukan agar tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Air limbah rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari seluruh kegiatan rumah sakit. Air limbah rumah sakit terdiri dari limbah domestik cair dan limbah cair klinis. Limbah domestik cair berupa buangan kamar mandi, dapur, dan air bekas cucian pakaian (*laundry*). Sedangkan limbah cair klinis berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, laboratorium, pencucian alat dan lain sebagainya.

Kandungan limbah cair rumah sakit dapat menimbulkan masalah pada lingkungan apabila tidak diolah dengan baik dan dibuang dengan kondisi yang masih melebihi standar baku mutu, contohnya kandungan Amoniak. Limbah cair yang mengandung Amoniak berbahaya terhadap kesehatan manusia. Amoniak dapat mengganggu sistem pernapasan dikarenakan baunya sangat menyengat. Amoniak dibebaskan dari proses pembusukan senyawa-senyawa organik Amoniak pada limbah cair rumah sakit berasal dari proses perombakan asam-asam amino oleh berbagai jenis bakteri aerob dan anaerob. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja, juga dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis,

yang berasal dari air alam atau buangan industri dan penduduk. Kadar Amoniak yang tinggi selalu menunjukkan adanya pencemaran air (Akbar dkk., 2016).

Salah satu pengolahan yang sering dilakukan untuk menurunkan kadar amoniak adalah dengan media adsorben. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Media adsorben dalam proses adsorpsi dapat berupa karbon aktif. Arang aktif atau yang biasa disebut karbon aktif merupakan sejenis adsorben (penyerap) yang berwarna hitam, berbentuk granula, bulat, pelet atau bubuk. Karbon aktif selain menjadi media filter juga mempunyai daya serap yang baik. Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif. Media karbon aktif mampu menyisihkan senyawa Amoniak pada limbah cair. Salah satu bahan baku yang dapat dijadikan adsorben yaitu serat (fiber) sawit (Ariyani, 2019).

Agroindustri kelapa sawit berkembang pesat di kawasan Asia Tenggara terutama Indonesia dan Malaysia. Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam salah satunya serat (fiber) kelapa sawit. Kelapa sawit (*Elaeisguineensis*) merupakan salah satu komoditi dengan produktivitas terbesar di Indonesia (Rahmasita dkk., 2017).

Berdasarkan Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian luas lahan sawit di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 14,9 juta hektar (ha). Kabupaten Ogan Ilir sendiri menurut sumber data dari Dinas Pertanian Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Ogan Ilir memiliki kisaran luas area perkebunan sawit seluas 4.410 hektar (Ha) di tahun 2020-2022 dan tentunya semakin meluas hingga sekarang.

Kegiatan di sektor pengelolaan Kelapa Sawit dapat menghasilkan limbah biomassa dengan volume yang cukup besar, berupa tempurung biji sawit 5,5-7%, tandan kosong 22- 23%, pelepah sawit 13,5-15% serta fiber sawit. Semakin meningkatnya kegiatan produktivitas kelapa sawit maka semakin meningkat pula limbah yang dihasilkan dari efek samping produktivitas tersebut. Peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan menyebabkan terjadinya masalah lingkungan bagi

masyarakat sekitar pabrik kelapa sawit. Limbah yang tidak tertangani dapat menyebabkan bau busuk dan dapat menimbulkan jamur yang dapat merusak lingkungan di sekelilingnya. Proses produksi 1 ton kelapa sawit, dapat menghasilkan limbah serat (fiber) sebesar 13% atau 130 kg (Arifdany, 2021).

Serat kelapa sawit yang mengandung selulosa, lignin, hemiselulosa, dan holoselulosa dan lain sebagainya memiliki gugus karbon yang banyak sehingga berpotensi secara besar untuk dikonversi menjadi bioadsorben arang aktif yang nantinya dapat menjadi salah satu alternatif dalam menanggulangi permasalahan limbah fiber kelapa sawit. Penelitian mengenai pengelolaan limbah cair medis sering kali dilakukan salah satunya oleh (Marsono, 2021) dengan memanfaatkan teknologi membran bioreaktor yaitu dengan menggabungkan proses pengelolaan dengan lumpur konvensional dan membran. Proses pengelolaan limbah cair dengan menggunakan membran bioreaktor mudah dilakukan dan tidak memakan biaya yang tinggi namun proses ini memiliki potensi fouling sangat besar sehingga akan mempengaruhi laju alir dan proses filtrasi jadi terhambat, sehingga perlu dilakukan pra pengelolaan untuk mengurangi kandungan organik yang ada didalam limbah salah satunya menggunakan media adsorben. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan proses pengelolaan limbah cair medis dengan mengkombinasi teknologi membran dan proses pra pengelolaan dengan metode adsorpsi.

Pada penelitian kali ini akan mengkombinasikan bioadsorben kelapa sawit dengan membran nanofiltrasi yang mana membran ini dapat menyebabkan fraksinasi cairan untuk menghasilkan dua cairan yang berbeda dalam komposisinya. Hal ini menjadikan nanofiltrasi sebagai alternatif dibandingkan proses konvensional untuk industri kimia, farmasi, bioteknologi dan makanan. Sifat membran dapat mengontrol komponen yang akan dialirkan dan yang akan ditahan. Hal ini didasarkan pada sifat selektif massa molar atau ukuran partikel (Salehi, 2014). Berdasarkan permasalahan tersebut disusunlah tesis ini dimaksudkan untuk mempelajari efektifitas penurunan kadar Amoniak dalam limbah medis dengan kombinasi antara membran nanofiltrasi dan bioadsorben dari Fiber Sawit.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam Penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik adsorben karbon aktif dari limbah fiber kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh waktu operasi, massa adsorben serta pengaruh laju alir pada proses adsorpsi oleh adsorben arang aktif serat (*fiber*) sawit terhadap penurunan kadar Amoniak pada limbah cair medis, serta isotherm adsorpsi apa yang terjadi pada proses adsorpsi tersebut?
3. Bagaimana pengaruh laju alir dan waktu optimum pada membran nanofiltrasi terhadap penurunan kadar Amoniak pada limbah medis?
4. Bagaimana karakteristik limbah cair medis apakah kadar Amoniak yang dihasilkan sesuai standar baku mutu air limbah yang diatur oleh Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 Tahun 2012?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik adsorben karbon aktif dari limbah fiber kelapa sawit.
2. Mengevaluasi dan menganalisis pengaruh waktu operasi, massa adsorben serta pengaruh laju alir pada proses adsorpsi oleh adsorben arang aktif serat (*fiber*) sawit terhadap penurunan kadar amoniak pada limbah cair medis, serta menganalisis jenis isotherm adsorpsi yang terjadi.
3. Mengevaluasi dan menganalisis pengaruh laju alir dan waktu optimum pada membran nanofiltrasi terhadap penurunan kadar amoniak pada limbah medis.
4. Mengevaluasi dan menganalisis karakteristik limbah cair medis apakah kadar amoniak yang dihasilkan sesuai standar baku mutu air limbah yang diatur oleh Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 Tahun 2012.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai bioadsorben arang aktif fiber kelapa sawit. Mempelajari efektifitas penurunan kadar Amoniak setelah dilakukan proses adsorpsi dan filtrasi. Mempelajari kemampuan

bioadsorben fiber kelapa sawit dalam menurunkan kadar amoniak, apakah amoniak akan memenuhi standar baku mutu air limbah yang diatur oleh Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 Tahun 2012. Memberikan informasi tentang kondisi optimum peningkatan pengelolaan limbah rumah sakit dalam menurunkan kadar amoniak dengan menggunakan bioadsorben arang aktif fiber kelapa sawit. Serta diharapkan dapat menjadi salah satu solusi dalam penanganan kadar amoniak yang melebihi baku mutu pada limbah rumah sakit serta dapat menjadi salah satu alternatif penanggulangan limbah biomassa kelapa sawit.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berskala laboratorium.
2. Air limbah cair medis diambil dari Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Ogan Ilir.
3. Serat (*Fiber*) kelapa sawit didapat dari PT. Golden Oilindo Nusantara.
4. Kolom absorpsi berupa tabung FRP terbuat dari Fiber.
5. Membran yang digunakan Membran Nanofiltrasi.
6. Laju alir yang digunakan dalam pengolahan limbah cair medis adalah 2, 3, dan 4 L/menit.
7. Waktu yang digunakan dalam pengolahan limbah cair medis adalah 20, 40, 60, 80, dan 100 menit.
8. Analisis awal limbah cair medis meliputi pH dan Amoniak.
9. Proses adsorpsi pada pengolahan limbah cair medis ini adalah sebagai proses *pre-treatment* sebelum dilakukan proses lanjutan menggunakan membran nanofiltrasi.

### **1.6 Hipotesa Penelitian**

Limbah cair dari kegiatan rumah sakit dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menyebabkan gangguan kesehatan. Salah satu kandungan limbah rumah sakit yang sering melebihi baku mutu adalah amoniak. Limbah cair yang mengandung amoniak diatas baku mutu standar dapat berbahaya terhadap kesehatan manusia. Sehingga disusunlah tesis ini untuk mempelajari salah satu cara yang dibutuhkan untuk mengatasi kadar amoniak yang melebihi baku mutu

pada limbah medis tersebut antara lain dapat menggunakan metode adsorpsi dan filtrasi. Hipotesa dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengelolaan limbah cair rumah sakit dengan menggunakan arang dari fiber kelapa sawit yang telah di aktivasi dengan asam sulfat dapat menurunkan kadar amoniak dalam limbah rumah sakit.
2. Penggunaan kombinasi arang aktif dari fiber kelapa sawit dan membran nanofiltrasi pada proses pengolahan limbah cair medis akan lebih efektif dalam menurunkan kadar amoniak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adu, R.O., Gyasi, S.F., Essumang, D.K., Otabil, K.B., (2020). Medical Waste-Sorting dan Management Practices in Five Hospitals in Ghana. *Journal of Environmental and Public Health*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/2934296>
- Advent, R., Zulghani, Z., Nurhayani, N., (2021). Analisis faktor - faktor yang mempengaruhi ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia Tahun 2000-2019. *e-Journal Perdagangan Industri dan Moneter*, 9(1), 49-58. <https://doi.org/10.22437/pim.v9i1.13652>
- Afrianti, S., (2022). Rancangan Alat Penjernih Air Menggunakan Media Kombinasi Fiber Kelapa Sawit dan Arang Aktif. *Perbal : Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 10(2), 249-263. <https://doi.org/10.30605/perbal.v10i2.1848>
- Akbar, I., (2023). Pemanfaatan ampas teh kaskara sebagai adsorben penyerap logam besi ( Fe ) dengan pendekatan kinetika isoterm freundlich dan Isoterm Langmuir. *Tugas Akhir*, 66
- Akbar, L.O.M.H., Gappar, A., Christydanari, D.A., (2016). Konversi NH<sub>3</sub> Dari Tan/NH<sub>3</sub>-N Menggunakan Kalkulator Amonia. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 14(1), 51. <https://doi.org/10.15578/blta.14.1.2016.51-54>
- Al-Ghouti, M.A., Da'ana, D.A., (2020). Guidelines for the use dan interpretation of adsorption isotherm models: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 393 (January), 122383, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122383> *Hazard Mater.* Vol.39 (3):122383.
- Anggraini, L. Akas Yekti Pulih Asih, Agus Aan Adriansyah, W.A., (2022). Pemeriksaan Kualitas Limbah Cair Dengan Parameter. *Human Care Journal* 7(3), 615–620
- Arifandy, (2021). Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil PKS Sungai Galuh. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 19(1), 116-122. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/14915/7050>
- Ariyani, S.B., (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Menjadi Bioadsorben Logam Berat Mangan (Mn) Utilization of Palm Oil Fiber Waste Become Bioadsorbent of Manganese Heavy Metals (Mn). *ejournal Kementrian Perindustrian*, 50–55
- Ayawei, N., Ebelegi, A.N., Wankasi, D., (2017). Modelling dan Interpretation of Adsorption Isotherms. *Journal of Chemistry*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3039817>
- Bachmann, S.A.L., Calvete, T., Féris, L.A., (2021). Caffeine removal from aqueous media by adsorption: An overview of adsorbents evolution dan the kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Science of the Total Environment*, 767, 144229. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144229>
- Bakalár, T., Kaňuchová, M., Girová, A., Pavolová, H., Hromada, R., Hajduová, Z., 2020. Characterization of fe(III) adsorption onto zeolite dan bentonite. *International Journal Environment. Res. Public Health*. Vol (17): 1–13.
- Benyamin, Y., Suwari, Darmakusuma, D., (2020). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair RSUD Kefamenanu Melalui Proses Filtrasi. *Jurnal Biologi Edukasi*. 12(2), 43-47
- Berliana, A., Wijayanti, F., (2022). Analisa Kadar Ammonia

- Spektrofotometer Uv-Vis. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. 5, 2022
- Bolinches, A., Blanco-Gutiérrez, I., Esteve, P., (2021). Current state of reclaimed water reuse for irrigation in Spain. *Technical Report*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4882799>
- Cames, M., Wissner, N., Sutter, J., Hendrik, B., Hektor, E.A., (2021). Ammonia as a Marine Fuel, Risks dan Perspectives. *Öko-Institut e.V.* June, 1-28. <https://en.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/210622-nabu-study-ammonia-marine-fuel.pdf>
- Desfitri, E.R., Arifdana, A.Y., Yulianti, A., Paysmi, P., Desmiarti, R., (2024). Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. Vol 21(1): 24-18.
- Dewi, R., Azhari, A., Nofriadi, I., (2021). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3351>
- Dewi, W.T., Budiarsa Suyasa, I.W., Rai, I.N., (2019). Pengaruh Penambahan Lumpur Aktif Pada Biofilter Anoksik-Oksik Dalam Menurunkan Kadar Amonia Air Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Ilmu Lingkungan. (Journal of Environmental Science)*. 13(1), 49. <https://doi.org/10.24843/ejes.2019.v13.i01.p06>
- Dey, S., Haripavan, N., Basha, S.R., Babu, G.V., (2021). Removal of ammonia dan nitrates from contaminated water by using solid waste bio-adsorbents. *Current Research in Chemical Biology*. 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/j.crchbi.2021.100005>
- Dwi Arista, Ningsih, I.S. dan P.N., (2016). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akad Kim*. Vol 5(2): 55–60.
- Efiyanti, L., Wati, S.A., Maslahat, M., (2020). Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14(1), 94, <https://doi.org/10.22146/jik.57479>
- Fatimah, Effendi, S.R.E., Sofith, C.D., (2021). Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg<sup>2+</sup> pada Penjerapan Ion Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 10(1), 13 - 18. <https://doi.org/10.32734/jtk.v10i1.4010>
- Gao, Y., Yue, Q., Gao, B., Li, A., (2020). Insight into activated carbon from different kinds of chemical activating agents: A review. *Science of the Total Environment*, 746, 141094. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141094>
- Garamon, S.E., Alkarem, H.R., Alanzy, M.M., Al-Gabary, T.S., (2021). Potentiality of Palm Fibers as Bio Adsorbent for the Treatment of Ni (II) Ion Polluted Wastewater. *Egyptian Journal of Chemistry*. 64(11), 6711-6716. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.202163215.3354>
- Hamdil Mukhlisin, Winda Rahmalia, T.U., (2020). Selektivitas Adsorpsi Asam Lemak Bebas (ALB) dan Beta Karoten Minyak. *Jurnal Sains dan Informatika*, 6(193-202), 1 - 26.
- Han, D., E, J., Deng, Y., Chen, J., Leng, E., Liao, G., Zhao, X., Feng, C., Zhang, F., (2021). A review of studies using hydrocarbon adsorption material for reducing hydrocarbon emissions from cold start of gasoline engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135(2020), 110079. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110079>
- Hasanah, M., Aridani, R., Iلمي, dan, Basri, M., P., Asahan, U., Ahmad Yani, J., (2021). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Karakteristik Dan Mikrostruktur Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis*). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. Vol (16): 1–9. <https://doi.org/10.33104/jihp.v16i1.6654>
- Hatina, S., Winoto, E., (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Serbuk Kayu Merbau Dan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Untuk Pengolahan Limbah Cair Aas. *Jurnal Redoks*. 5(1), 32. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4027>



- Hessou, E.P., Jabraoui, H., Houngouè, M.T.A.K., Mensah, J.B., Pastore, M., Badawi, M., (2019). A first principle evaluation of the adsorption mechanism dan stability of volatile organic compounds into NaY zeolite. *Zeitschrift fur Kristallographie - Crystalline Materials* 234(7-8), 469-482. <https://doi.org/10.1515/zkri-2019-0003>
- Hidayah, M., 2018. Pengolahan Air Limbah Menjadi Air Minum Dengan Menghilangkan Amonium Dan Bakteri E-Coli Melalui Membran Nanofiltrasi. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i1.2688>
- Imaniar, A., Prasadi, O., Fadlilah, I., (2022). Efektivitas Kayu Apu Dan Kangkung Air Untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, Dan Amonia Pada Air Limbah Domestik. *Sanitasi Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 15(2), 105-112. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v15i2.1425>
- Iswahyudi, H., dan Iskandar, M.D., (2023). Content of Macro Nutrition of Fiber Compost dan Oil Palm Empty Fruit Bunch (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Makro Nutrien*. Vol (19) 1: 9-13.
- Jagaba, A.H., Kuty, S.R.M., Hayder, G., Baloo, L., Noor, A., Yaro, N.S.A., Saeed, A.A.H., Lawal, I.M., Birniwa, A.H., Usman, A.K., (2021). A systematic literature review on waste-to-resource potential of palm oil clinker for sustainable engineering dan environmental applications. *Materials*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/ma14164456>
- Kecili, R., Hussain, C.M., (2018). Mechanism of adsorption on nanomaterials, Nanomaterials in Chromatography: Current Trends in Chromatographic Research Technology dan Techniques. *Elsevier Inc*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812792-6.00004-2>
- Kedang, Y.I., (2019) Membran Nanofiltrasi untuk Aplikasi Pemisah Zat. *Jurnal Saintek Lahan Kering*. 2(1), 27–29. <https://doi.org/10.32938/slk.v2i1.444>
- Kenny, C., Priyadarshini, A., 2021. Review of current healthcare waste management methods dan their effect on global health. *Healthcare*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare9030284>
- Kiswanto, K., Rahayu, L.N., Wintah, W., (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*. 17, 72–82. <https://doi.org/10.54911/litbang.v17i0.109>
- Lestari, R.S.D., Sari, D.K., Rosmadiana, A., Dwipermata, B., (2016). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Teknika Jurnal Sains dan Teknologi*. 12(3): 419-430.
- Lubis, R.A.F., Nasution, H.I., Zubir, M., (2020). Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indones. Jurnal Chemical Science Technology*. Vol (3) 2: 67-73.
- Made, N., Erlinda, T., Putu, N., Astuti, W., Luh, N., Sumadewi, U., 2020. Efektivitas Sistem Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Bali Med Denpasar Tahun 2020. *Jurnal Teknologi Kesehatan*. Vol (6) 3: 113-120.
- Mahmud, R.N., 2005. Kinetika Fouling Membran Ultrafiltrasi (UF) Pada Pengolahan Air Berwarna : Pengaruh Interval dan Lamanya Pencucian Balik (Backwashing) Membran. *Jurnal Info Teknik* Vol (6): 62–69.
- Manaf, D.S., Dewi, E., Jaksen, (2021). Proses Pengolahan Air pada Alat Filtrasi dengan Variasi Laju Alir , Perbandingan Volume antara Pasir dan Karbon Aktif di PLTG Borang Program Studi Teknologi Kimia Industri , Jurusan Teknik Kimia Water Treatment Process in Filtration Equipment with Variati. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*. Vol (1): 321–327.
- Mantong, J.O., Argo, B.D., Susilo, B., Korespondensi, P., (2018). Making Active Charcoal From Corn Cob Waste As Adsorbent At Liquid Waste Tofu. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. Vol (6): 100–106.

- Mariyana, Joko, T., Nurjazuli, 2015. Efektivitas Kaporit Dalam Menurunkan Kadar Amoniak Dan Bakteri Koliform Dari Limbah Cair Rsud Tugurejo Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol (3): 533–539.
- Masturoh, I., Anggita, N., (2018). Reduction Of Total Suspended Solids, Turbidity Dan Colour From Palm Oil Mill Effluent Using Hybrid Coagulation-Ultrafiltration Process. *Skripsi*. Universitas Tunku Abdul Rohman.
- Maulana, M.R., Marsono, B.D., (2021). Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik ITS*. Vol (10): 54–61.
- Mistar, E.M., Sara, T., Tata Alfatah, (2017). Pengaruh Laju Alir Terhadap Kinetika Adsorpsi Methylene Blue dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi NaOH. *Jurnal serambi Engineering*. Vol (1):103–108.
- Nurdin, M.I., Yasser, M., Sukasri, A., Damayanti, J.D., (2022). Efisiensi Penggunaan Bioball Dalam Proses Adsorpsi Amonia Pada Air Limbah. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* .Vol (7): 174–178.
- Nurhidayanti, N., Ardiatma, D., Anggriawan, B., (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dalam Menurunkan Kadar Amonia Total dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Pelita Teknologi* Vol (15): 68–76.
- Nurkholis, N., Abang, D.T., (2021). Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Haji Makassar. *Jurnal Ilmiah Amanah* 68–87.
- Nurrahman, A., Permana, E., Gusti, D.R., Lestari, I., (2021). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Batubara Lignit. *Jurnal Daur Lingkungan* Vol 4(2): 44-53
- Permadani, R.L., Silvia, S., (2022). Sintesis Bioplastik Dari Selulosa Asetat Tdanan Kosong Kelapa Sawit: Sebuah Kajian. *Jurnal Integrasi.Proses*. Vol (11) 2: 47-58.
- Pradana, A.A., Pujiono, P., Yulianto, B., Ruhmawati, T., (2019). Perbedaan waktu kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair domestik. *Jurnal Ris. Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*. Vol (11)1: 215-220
- Purnamasari, I., Trisnaliani, L., (2017). The Effect of pH dan Adsorption Time in Fe dan Mn Concentration Decreasing using Zeolite in Sungai Enim River at Desa Darmo Tanjung Enim. *Kinetika* Vol (8): 34–39
- Rahman, F., (2019). Analisis Kadar Amonia dan pH pada Limbah Cair Kanal 32 (K-32) PT Pusri Palembang. *Alkimia Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* Vol (3): 10–15.
- Rahmasita, M.E., Farid, M., Ardhyanta, H., (2017). Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *J. Tek. ITS*. Vol (6) 2: 2337-3520rahmi.
- Rahmi, R., Fachruddin, S., Nurmalasari, N., (2018). Pemanfaatan Limbah Serat Sagu (Metroxylon sago) Sebagai Adsorben Iodin. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol (13): 70–77
- Ramadhani, L.F., Imaya M. Nurjannah, Ratna Yulistiani, Erwan A. Saputro, (2020). Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia* Vol (26): 42–53.
- Ramadhani, S.D., Laksani, M.R.T., (2024). Analisis Uji Kualitas Air di Sungai Kalidami, Kota Surabaya. *Environmental Pollution Journal* Vol (4): 883–894.
- Riqotul, Fuadah, S., Rahmayanti, M., (2019). Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna Naftol Blue Black Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analite: Analytical and Environmental Chemistry* Vol (4): 59–67.
- Said, N.I., (2018). Uji Kinerja Pengolahan Air Siap Minum Dengan Proses Biofiltrasi, Ultrafiltrasi Dan Reverse Osmosis (Ro) Dengan Air Baku Air Sungai. *Jurnal Air Indonesia* Vol (5): 144–161.

- Salehi, F., (2014). Current dan future applications for nanofiltration technology in the food processing. *Food and Bioproducts Processing*. Vol (92) 161–177.
- Salman, N., Aryanti, D., Taqwa, F.M.L., (2022). Evaluasi Pengelolaan Limbah Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit X Di Kab. Tasikmalaya). *Jurnal. Komposit*. Vol (5)1: 7-15.
- Saragih, P.A., (2009). Potensi Sawit Dan Pengelolaan Kelapa Sawit Untuk Dijadikan Energi. *Skripsi*. Universitas Jambi
- Sari, S.A.P., Lesta, L., Syarmila, S., Hanum, Y., Mawaddah, Z., Jurian, J., Nurhadini, N., (2022). Extra A Review of Nanofiltration Membrane Technology To Treat Water Problems. *Stannum : Jurnal Sains dan Terapan Kimia* Vol (4): 74–80
- Sarifudin, K., (2022). Penggunaan Karbon Aktif Kayu Kesambi (*Schleicera oleosa* MERR) dalam Pengolahan Air Sadah. *Haumeni Journal of Education* Vol (2): 197–207
- Suganya, S., P., S.K., (2018). Influence of ultrasonic waves on preparation of active carbon from coffee waste for the reclamation of effluents containing Cr(VI) ions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* Vol (60): 418–430
- Susanto, J., Santoso, A.D., Suwedi, N., (2017). Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Untuk Sumber Energi Terbaharukan Dengan Metode LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan*
- Syauqiah, I., Kusuma, F.I., Mardiana, M., (2020). Adsorption Of Zn Dan Pb Metal In Printing Waste Of Pt. Grafika Wangi Kalimantan Using Corn Cobs Charcoal As Adsorbent. *Konversi*. Vol (9)1: 28–34
- Teke, S., Dewi, W.O.N.T.D., Jali, W., Yumnawati, Y., (2021). Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) Sebagai Media Filtrasi Desalinasi Air Payau. *Jurnal Berkala Fisika*. Vol (24) 10–21
- Tran, N. V., Tieu, A.K., Zhu, H., Ta, H.T.T., Ta, T.D., Le, H.M., (2018). First-Principles Study of the Adsorption dan Depolymerization Mechanisms of Sodium Silicate on Iron Surfaces at High Temperature. *Journal of Physical Chemistry*. Vol (122): 20827–20840
- Tri Budiyantri, Basuki, B., Abdul Mukti, (2020). Evaluasi Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup Dampak Pembangunan Pasar Kahayan Kota Palangka Raya. *Journal of Environment and Management*. Vol (1): 169–178.
- Wahyuningsih, S., Gitarama, A.M., Gitarama, A.M., (2020). Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. *Syntax Literate. Jurnal Ilmiah Indonesia* Vol (5) 2: 112
- Wijayanti, M.S., Agustina, T.E., Dahlan, M.H., Teguh, D., (2023). Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan AOPs Secara Terintegrasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol (22): 142–149.
- Xia, M., Chen, Z., Li, Y., Li, C., Ahmad, N.M., Cheema, W.A., Zhu, S., (2019). Removal of Hg(II) in aqueous solutions through physical dan chemical adsorption principles. *RSC Advance*. Vol (9): 20941–20953
- Yi, H., Nakabayashi, K., Yoon, S.H., Miyawaki, J., (2021). Pressurized physical activation: A simple production method for activated carbon with a highly developed pore structure. *Carbon* (183): 735–742
- Yogi, P.M., 2018. Penentuan Kadar Ammonia (NH) pada Limbah Cair K-36 dalam Rangka Pengendalian Pencemaran Lingkungan Alat dan Bahan. *Ilmu Kimia. dan Terapan*. Vol (2): 22–2

