

**MODIFIKASI MEMBRAN POLIAMIDA *HYBRID* TiO₂-PEKTIN UNTUK
PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)**

ZAHRATUNNISA

NIM. 2220834320001



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARBARU**

2024

**MODIFIKASI MEMBRAN POLIAMIDA *HYBRID* TiO₂-PEKTIN UNTUK
PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)**

ZAH RATUNNISA

NIM. 2220834320001

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

MAGISTER TEKNIK

Program Studi S2 Teknik Kimia

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARBARU

2024

LEMBAR PENGESAHAN
TESIS PROGRAM STUDI S-2 TEKNIK KIMIA

**Modifikasi Membran Poliamida *Hybrid* TiO₂-Pektin Untuk Pengolahan
*Palm Oil Mill Effluent (POME)***

Oleh

Zahratunnisa (NIM. 2220834320001)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 12 Januari 2024 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

Ketua : Primata Mardina, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19810324 00604 2 002

Anggota 1 : Dr. Abubakar Tuhuloula, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 19750820 200501 1 001

Anggota 2 : Prof. Ir. Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 19820501 200604 1 014

Pembimbing
Utama : Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 19740521 200212 2 003

Pembimbing
Pendamping : Dr. Isna Syauqiah, S.T., M.T.
NIP. 19690608 199702 2 002

Banjarbaru, Januari 2024

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,



Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 197401071998021001

Koordinator Program Studi
S-2 Teknik Kimia,

Prof. Dr. Ir. Agus Mirwan, S.T., M.T.
NIP. 197608192003121001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zahratunnisa
NIM : 2220834320001
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat
Judul Tesis : **Modifikasi Membran Poliamida *Hybrid* TiO₂-Pektin Untuk Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME)**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri. Terkecuali saya cantumkan sebagai acuan atau kutipan dalam naskah sebagai bahan literatur atau teori dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti Tesis ini hasil plagiat maupun manipulasi maka saya bersedia menerima sanksi.

Demikian pernyataan ini saya sampaikan dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan apapun.

Banjarbaru, Januari 2024



Zahratunnisa

NIM. 2220834320001

RINGKASAN

Zahratunnisa. 2024. Modifikasi Membran Poliamida *Hybrid* TiO₂-Pektin Untuk Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Pembimbing: Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D.; Dr. Isna Syauqiah, S.T., M.T.

Salah satu komoditas perkebunan terbesar di Kalimantan Selatan adalah kelapa sawit, peningkatan jumlah produksi minyak kelapa sawit berdampak pada peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan, salah satunya yaitu limbah cair minyak kelapa sawit/*Palm Oil Mill Effluent* (POME). Kebanyakan industri kelapa sawit di Indonesia mengolah limbah cairnya menggunakan sistem kolam. Sistem ini tidak efisien karena memerlukan waktu yang lama dan lahan yang luas. Alternatif teknologi pengolahan limbah cair yang diusulkan adalah teknologi membran sebagai salah satu solusi yang efektif dalam pengolahan limbah cair minyak kelapa sawit, karena prosesnya cepat, ramah lingkungan, efisien, tidak memerlukan bahan kimia tambahan. Namun permasalahan yang muncul pada penggunaan teknologi membran adalah *fouling* yang diakibatkan oleh zat pengotor/kontaminan sehingga menurunkan permeabilitas membran. Untuk itu penting untuk mencari solusi dengan memodifikasi membran untuk menghambat *fouling* dan meningkatkan permeabilitas membran. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan nanopartikel anorganik pada membran poliamida yaitu TiO₂ untuk menghambat terjadinya *fouling* dengan penambahan pektin untuk meningkatkan permeabilitas dari membran polimer poliamida. Tujuan penelitian ini adalah menginvestigasi, menganalisis, dan mengkarakteristik membran poliamida hibrid TiO₂-pektin serta menghitung *flux* membran poliamida hibrid TiO₂-pektin untuk pengolahan limbah POME terhadap penurunan kekeruhan dan warna. Membran poliamida hibrid TiO₂-pektin pada studi ini dibuat dengan teknik inversi fasa menggunakan variasi aditif TiO₂ : pektin yaitu 5 : 0 (%b/b), 2,5 : 2,5 (%b/b), dan 0 : 5 (%b/b). Modifikasi membran poliamida hibrid TiO₂-pektin yang dibuat digunakan untuk pengolahan limbah POME dengan pretreatment koagulasi menggunakan PAC. Hasil dari karakteristik membran poliamida hibrid TiO₂-pektin menunjukkan morfologi struktur pori asimetris berbentuk seperti spons dan pada permukaan tampak kasar dengan pori yang padat. Analisis FTIR dari variasi penambahan aditif TiO₂-pektin tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, gugus amino (N-H) terdeteksi pada puncak 3299 cm⁻¹, gugus amida I dan amida II pada puncak 1631 dan 1537 cm⁻¹. Analisis sudut kontak membran poliamida hibrid menunjukkan semua variasi bersifat hidrofilik yaitu sudut yang terbentuk dibawah 90° dengan sudut kontak terkecil pada sampel PA-TiO₂-pektin. Pengukuran fluks air murni menunjukkan fluks tertinggi sebesar 312 L/m².jam pada membran poliamida hibrid TiO₂-pektin pada tekanan 1 bar dengan rejeksi terhadap kekeruhan dan warna dari limbah *POME* sebesar 99,83% dan 80,24% pada tekanan 3 bar dengan nilai fluks rata-rata 228,78 L/m².jam. Disimpulkan bahwa memodifikasi membran poliamida hibrida TiO₂-pektin dapat meningkatkan permeabilitas dan hidrofilisitasnya. Pektin dapat bertindak sebagai agen pori, dan TiO₂ meningkatkan hidrostabilitas membran yang memungkinkan untuk menghilangkan kekeruhan dan warna dalam limbah POME.

Kata kunci: Membran poliamida, pektin, TiO₂, POME, fluks

SUMMARY

Zahratunnisa. 2024. Modification of Polyamide Hybrid TiO₂-Pectin Membrane for Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment. Advisor: Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D.; Dr. Isna Syauqiah, S.T., M.T.

One of the largest plantation commodities in South Kalimantan is palm oil, and the increase in palm oil production has led to an increase in the amount of waste generated, including Palm Oil Mill Effluent (POME). Most palm oil industries in Indonesia process their liquid waste using pond systems, which are inefficient due to the long processing time and large land requirements. One proposed alternative technology for treating palm oil wastewater is membrane technology, which is fast, environmentally friendly, efficient, and does not require additional chemicals. However, the use of membrane technology can lead to fouling caused by contaminants, which reduces membrane permeability. However, a major issue with membrane technology is fouling caused by contaminants, which reduces membrane permeability. The modification involved adding inorganic nanoparticles, specifically TiO₂, to the polyamide membrane to inhibit fouling and incorporating pectin to enhance its permeability. The aim of this study is to investigate, analyze, and characterize the TiO₂-pectin hybrid polyamide membrane, as well as calculate its flux for treating POME waste to reduce turbidity and color. In this study, a hybrid polyamide-TiO₂-pectin membrane was created using the phase inversion technique with varying TiO₂:pectin additive ratios of 5:0 (%w/w), 2.5:2.5 (%w/w), and 0:5 (%w/w). The modified hybrid polyamide-TiO₂-pectin membrane was utilized for POME wastewater treatment with coagulation pretreatment using PAC. The results of the TiO₂-pectin hybrid polyamide membrane characteristics show an asymmetric sponge-like pore structure with a rough surface and dense pores. The FTIR analysis of the TiO₂-pectin additive variations did not show any significant differences. The N-H amino group was detected at the peak of 3299 cm⁻¹, and the amide I and amide II groups were detected at the peaks of 1631 and 1537 cm⁻¹, respectively. Analysis of the contact angle of the hybrid polyamide membrane shows that all variations are hydrophilic, with the smallest contact angle found in the PA-TiO₂-pectin sample. Pure water flux measurements indicate the highest flux of 312 L/m².h in the TiO₂-pectin hybrid polyamide membrane at a pressure of 1 bar, with rejection rates for turbidity and color from POME waste of 99.83% and 80.24% at a pressure of 3 bar and an average flux value of 228.78 L.m⁻².h⁻¹. The study was concluded that modifying the TiO₂-pectin hybrid polyamide membrane can increase its permeability and hydrophobicity. Pectin can act as a pore-agent, while TiO₂ enhances the hydro-stability of the membrane, enabling the removal of turbidity and color in POME waste.

Keywords: Polyamide membrane, pectin, TiO₂, POME, flux.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



ZAHRATUNNISA, adalah nama lengkap dari penulis tesis ini, akrab disapa Nisa atau Zahra dilahirkan di Desa Muara Halayung pada tanggal 27 Maret 1995. Anak kedua dari tiga bersaudara pasangan dari Bapak Anang Zumri (alm) dan Ibu Noor Hasanah. Penulis menempuh Pendidikan di mulai dari MIN Muara Halayung (lulus pada tahun 2007), melanjutkan di MTsN Aluh-Aluh (lulus pada tahun 2010) dan SMAN 1 Beruntung Baru (lulus pada tahun 2013), selanjutnya menempuh pendidikan S-1 di Fakultas Teknik jurusan Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin Kalimantan Selatan (lulus pada tahun 2017).

Selama menempuh pendidikan S-1 penulis aktif dalam beberapa organisasi yaitu HIMATEKKIM FT-ULM, UKM FKI Ash-Shirath, UKM Teknik Cendekia, Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia (BKKMTKI) Regional VI, dan Forum Ukhuwah Lembaga Dakwah Kampus Teknik (FULDKT) Indonesia. Setelah memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) penulis pernah bekerja sebagai Bendahara Desa Muara Halayung (2018), Admin Kasir dan Bank di PT. Sinar Niaga Sejahtera (2019), Staf Keuangan di Kantor Desa Muara Halayung (2020-2021), Sekretaris BUMDES Muara Bersinar (2021), dan *Back Office* Pusat Kesejahteraan Sosial (PUSKESOS) Desa Muara Halayung (2021), Admin Operasional dan Staf Program Yayasan Daarut Tauhiid Peduli (DTP) Kantor Perwakilan Kalsel (2021-2022), dan sejak 2022 hingga sekarang bergabung dalam grup riset *Materials and Membrans Research Group* (M²ReG).

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil ‘aalamiin, segala puji bagi Allah Tuhan Yang Maha Esa atas kuasa dan pertolongannya akhirnya laporan tesis yang berjudul “**Modifikasi Membran Poliamida *Hybrid* TiO₂-Pektin Untuk Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME)**” ini dapat selesai disusun. Adapun tujuan dari penyusunan laporan tesis ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik di Program Studi S-2 Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibu Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing utama atas dukungan moral dan material kepada penulis dalam menempuh pendidikan Magister Teknik Kimia dan Ibu Dr. Ir. Isna Syauqiah S.T., M.T selaku pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan bantuan berupa saran, masukan dan ilmu yang bermanfaat selama ini.
2. Ibu Primata Mardina, S.T., M.Eng., Ph.D, Bapak Dr. Abubakar Tuhuloula, S.T., M.T., dan Bapak Ir. Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc., Ph.D selaku penguji atas saran dan masukannya untuk perbaikan dalam penyusunan laporan tesis.
3. Seluruh dosen Program Studi Magister Teknik Kimia yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis selama masa perkuliahan.
4. *Materials and Membranes Research Group* (M²ReG) yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam mengerjakan penelitian tesis ini baik berupa materi maupun non materi.
5. Rekan-rekan penelitian yang tergabung dalam grup *research* M²ReG yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama pengerjaan tesis ini terutama

(Aulia, Rhafiq, Fitri, Evia, Ermila, Santi, Rahmat, Hastati dan yang lainnya).

6. Orang tua, saudara, para sahabat, orangtua angkat (Bapa Safuani, Ibu Yana), dan rekan mahasiswa PSMTK Angkatan 2022 (Tama, Atina, dan Rhafiq) atas doa dan dukungan moralnya selama proses pendidikan dan penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dari tulisan ini. Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan taufik dan karunia-Nya serta membalas segala kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini.

Banjarbaru, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HASIL UJI PLAGIASI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
RINGKASAN.....	v
SUMMARY	vi
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Luaran Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5

2.1	<i>Palm Oil Mill Effluent (POME)</i>	5
2.2	Membran.....	6
2.3.1	Material Membran	8
2.3.2	Karakteristik Membran.....	9
2.3	Poliamida.....	12
2.4	Titanium Dioksida (TiO ₂).....	13
2.5	Pektin.....	14
2.6	<i>State of the Art</i>	15
III.	METODE PENELITIAN	18
3.1	Waktu, Tempat dan Objek Penelitian.....	18
3.1.1	Waktu Penelitian	18
3.1.2	Tempat Penelitian.....	18
3.1.3	Objek Penelitian	18
3.2	Peralatan dan Bahan Penelitian	18
3.2.1	Peralatan Penelitian	18
3.2.2	Bahan Penelitian.....	19
3.3.	Batasan Penelitian dan Desain Operasional	19
3.3.1	Batasan Penelitian	19
3.3.2	Desain Operasional	19
3.4	Prosedur Penelitian	20
3.4.1	Pembuatan Larutan <i>Dope</i> Membran	20
3.4.2	Pencetakan Membran <i>Flat Sheet</i>	21

3.4.3	Karakterisasi Membran	21
3.4.4	<i>Pre-treatment</i> Koagulasi-Flokulasi Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit.....	22
3.4.5	Pengolahan Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Membran	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Karakterisasi Membran.....	25
4.1.1	Pengukuran Sudut Kontak (<i>Contact Angles</i>)	25
4.1.2	Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	27
4.1.3	Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	29
4.2	Karakterisasi Awal Sampel Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit	30
4.3	Performa Membran.....	35
4.3.1	Permeabilitas Membran (Fluks Air Murni).....	35
4.3.2	Rejeksi Membran Poliamida Hibrid TiO ₂ -Pektin	38
V. PENUTUP.....		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....		44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Standar Baku Mutu Air Limbah Berdasarkan Peraturan Menteri No. 03 Tahun 2010 (Hidup, 2010).....	6
Tabel 2. 2 Karakteristik Membran Berdasarkan Gaya Dorong <i>Driving Force</i>) (I. Wenten, Khoiruddin, Aryanti, & Hakim, 2010) (Habibi, 2014).....	7
Tabel 2. 3 Beberapa Modifikasi Membran Poliamida yang Telah Dilakukan.....	17
Tabel 3. 1 Kerangka Penelitian.....	19
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit.....	30
Tabel 4. 2 Data Perbandingan Fluks Air Membran Poliamida	36
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Pengolahan Limbah POME dengan berbagai Proses....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Tipe Sudut Kontak (<i>Contact Angle</i>) (Mattone, Rescic, Fratini, & Mangan, 2017).....	11
Gambar 3.1 Skematik Proses Pencetakan Membran <i>Flat Sheet</i>	21
Gambar 3.3 Skematik Aplikasi Membran untuk pengolahan Limbah POME	23
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Spektra IR berbagai variasi membran poliamida 66.....	29
Gambar 4.2 A) Tampak Permukaan Membran PA-TiO ₂ -Pektin PA; B) Tampak Melintang Membran PA-TiO ₂ -Pektin	27
Gambar 4.3 Sudut Kontak Membran (a) PA-TiO ₂ ; (b) PA-Pektin; (c) PA-TiO ₂ -Pektin	25
Gambar 4.4 Fluks Air Murni Membran Poliamida Hibrid (pada P=1 bar).....	35
Gambar 4.5 Permeabilitas Membran Poliamida Hibrid TiO ₂ -Pektin.....	37
Gambar 4.6 Grafik Penyisihan Koagulasi dan pH Akhir Terhadap Variasi Dosis PAC.	32
Gambar 4.7 Hasil Koagulasi Variasi Dosis 0,25 – 2 g/L	34
Gambar 4.8 Performa Membran Poliamida Hibrid TiO ₂ -Pektin.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan	56
Lampiran 2 Hasil Perhitungan dan Pengukuran	59
Lampiran 3 Dokumentasi	65
Lampiran 4 Bukti Publikasi	67

DAFTAR SIMBOL

R	Rejeksi (%)
J	Fluks ($L/m^2 \cdot \text{jam}$)
A	Luas Membran (m^2)
T	Suhu ($^{\circ}C$)
P	Tekanan (bar)
t	waktu (jam)
C _f	Konsentrasi feed (mg/L)
C _p	Konsentrasi permeat (mg/L)
V	Volume (L)
ρ	Densitas (g/mL)
ΔE	Gradien Potensial Listrik
ΔP	Gradien Tekanan
ΔC	Gradien Konsentrasi
ΔT	Gradien Suhu

DAFTAR SINGKATAN

Al ₂ O ₃	Aluminium oksida	POME	<i>Palm Oil Mill Effluent</i>
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	PSf	Polisulfon
CA	Selolusa Asetat	PtCo	<i>Platina cobalt</i>
CNT	<i>Carbon Nano Tube</i>	PTFE	Politetraflouroetilen
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	PVA	<i>Poly Vinyl Alcohol</i>
CPO	<i>Crude Palm Oil</i>	PVDF	Polivinilidene fluoride
FA	<i>Formic Acid</i>	PWP	<i>Pure Water Permeate</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>	RO	<i>Reverse Osmosis</i>
GO	<i>Graphene Oxide</i>	SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
IPTEK	Ilmu Pengetahuan dan Teknologi	SiO ₂	Silikon dioksida
MF	Mikrofiltrasi	SS	<i>Suspended Solid</i>
MMM	<i>Mixed Matrix Membrane</i>	TBS	Tandan Buah Segar
MPD	<i>m-phenylene diamine</i>	TDS	<i>Total Dissolve Solid</i>
MWCO	<i>Molecular Weight Cut Off</i>	TFC	<i>Thin Film Composite</i>
NaCl	<i>Natrium Chloride</i>	TiO ₂	Titanium dioksida
NF	Nanofiltrasi	TMC	<i>Trimesoyl chloride</i>
NTU	<i>Nephelometric Turbidity</i> Unit	TS	<i>Total Solid</i>
PA	Poliamida	TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
PAC	<i>Poly Aluminium Chloride</i>	TVS	<i>Total Volatile Solid</i>
PEG	<i>Poly etilen glikol</i>	UF	Ultrafiltrasi
PES	Polietersulfon	ZrO ₂	Zirkonium dioksida
PIP	<i>piperazine</i>		