

**LAPORAN TESIS**

**PERVAPORASI – FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN MEMBRAN  
HOLLOW FIBER *POLYVINILEDENE FLOURIDE* (PVDF) UNTUK  
MENGOLAH AIR GAMBUT**

**EVIA SALMA ZAURIDA**

**NIM. 2320834320007**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

**BANJARBARU**

**2024**

**PERVAPORASI – FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN MEMBRAN  
HOLLOW FIBER *POLYVINILEDENE FLOURIDE* (PVDF) UNTUK  
MENGOLAH AIR GAMBUT**

**EVIA SALMA ZAURIDA  
NIM. 2320834320007**

**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**

**Pervaporasi-Fotokatalitik Menggunakan Membran Hollow Fiber  
Polyvinilidene Flouride (PVDF) untuk Mengolah Air Gambut**

**Oleh:**

**Evia Salma Zaurida (2320834320007)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 03 Januari 2025 dan dinyatakan

**L U L U S**

**Komite Penguji :**

**Ketua** : Prof. Ir. Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc, Ph.D.  
NIP. 198205012006041014

**Anggota 1** : Dr. Abubakar Tuhuloula, S.T., M.T.  
NIP. 197508202005011001

**Anggota 2** : Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 198005292005012003

**Pembimbing  
Utama** : Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 197405212002122003

**Pembimbing  
Pendamping** : Dr. Mahmud, S.T., M.T.  
NIP. 197401719980210001



Banjarbaru, .....15 JAN 2025.....  
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 : Evia Salma Zaurida  
NIM : 2320834320007  
Program Studi : Magister Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat  
Judul Tesis : **“Pervaporasi-Fotokatalitik Menggunakan Membran Hollow Fiber Polyvinilidene Flouride (PVDF) untuk Mengolah Air Gambut”**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/acuan dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Tesis ini hasil jiplakan, plagiat maupun manipulasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan dari siapapun.

Banjarbaru, Januari 2025

Yang Membuat Pernyataan



Evia Salma Zaurida

NIM. 2320834320007

## RINGKASAN

Air gambut di Kalimantan Selatan memiliki potensi besar sebagai sumber air baku, namun karakteristiknya yang berwarna merah kecoklatan dan bersifat asam akibat kandungan organik tinggi membuatnya tidak layak digunakan. Teknologi membran, khususnya membran polimer *polyvinylidene fluoride* (PVDF), merupakan solusi yang efektif untuk mengolah air gambut menjadi air bersih karena keunggulannya dalam selektivitas tinggi, efisiensi energi, dan minim limbah. Namun, tantangan utama dalam penggunaan membran adalah fouling yang menurunkan permeabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan menginvestigasi pengaruh modifikasi permukaan membran hollow fiber PVDF-TiO<sub>2</sub>-PEG serta menganalisis variasi fotokatalis dalam menurunkan TDS, kekeruhan, pH, dan bahan organik air gambut dengan metode *hybrid* pervaporasi-fotokatalitik.

Penelitian ini terdiri dari lima tahap: 1) Fabrikasi membran *hollow fiber* PVDF-TiO<sub>2</sub>-PEG menggunakan metode *wet-spinning*, 2) *Coating* membran *hollow fiber* dengan menggunakan metode *dip-coating*, 3) Selanjutnya dilakukan karakterisasi membran menggunakan FTIR, WCA dan porositas, dan 4) Uji performa membran melalui proses pervaporasi dan fotokatalitik air gambut setiap 20 menit untuk pengumpulan permeat, serta 5) Analisis data berupa nilai fluks dan rejeksi diantaranta TDS, kekeruhan dan UV254.

Didapatkan hasil pada penelitian ini bahwa modifikasi *surface coating* dengan P123 meningkatkan hidrofilitas membran dengan sudut kontak air sebesar 48° dan porositas meningkat hingga 87%. Peningkatan suhu umpan (25, 40, dan 60°C) secara signifikan meningkatkan fluks pervaporasi hingga 5.84 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, dan mencapai 6.48 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pada proses pervaporasi-fotokatalitik. Penggunaan TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis memberikan fluks tertinggi untuk air murni (7.51 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) dan air gambut (7.24 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) pada suhu 60°C, melebihi ZnO dan tanpa fotokatalis. TiO<sub>2</sub> juga memberikan rejeksi UV254 sebesar 97,24%, TDS 99,59%, dan kekeruhan 98,05%. Temuan ini menunjukkan bahwa modifikasi permukaan membran dan penggunaan TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis secara signifikan meningkatkan efisiensi proses pervaporasi-fotokatalitik air gambut, menjadikannya metode potensial untuk pemurnian air gambut.

## SUMMARY

Peat water in South Kalimantan has significant potential as a raw water source. However, its reddish-brown color and acidic nature, caused by high organic content, render it unsuitable for direct use. Membrane technology, particularly polymer membranes made of polyvinylidene fluoride (PVDF), offers an effective solution for treating peat water into clean water due to its high selectivity, energy efficiency, and minimal waste generation. However, the primary challenge in membrane application is fouling, which reduces permeability. This study aims to characterize and investigate the effects of surface modification on hollow fiber PVDF-TiO<sub>2</sub>-PEG membranes and to analyze the variation of photocatalysts in reducing TDS, turbidity, pH, and organic content in peat water using a hybrid pervaporation-photocatalytic method.

The research involved several stages, including the fabrication of hollow fiber PVDF-TiO<sub>2</sub>-PEG membranes using the wet-spinning method and coating the membranes through the dip-coating method. The membranes were characterized using FTIR, water contact angle (WCA) measurements, and porosity analysis. Performance testing was conducted through pervaporation and photocatalytic processes, with permeate collected every 20 minutes. The data analysis focused on flux and rejection values for TDS, turbidity, and UV254.

The results showed that surface coating modification with P123 significantly improved the hydrophilicity of the membrane, reducing the water contact angle to 48° and increasing porosity to 87%. Increasing the feed temperature (25°C, 40°C, and 60°C) significantly enhanced pervaporation flux to 5.84 kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, reaching 6.48 kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> during the hybrid pervaporation-photocatalytic process. The use of TiO<sub>2</sub> as a photocatalyst yielded the highest flux for pure water (7.51 kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) and peat water (7.24 kg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) at 60°C, outperforming ZnO and the control without photocatalysts. TiO<sub>2</sub> also achieved UV254 rejection of 97.24%, TDS rejection of 99.59%, and turbidity rejection of 98.05%. These findings demonstrate that surface modification of membranes and the application of TiO<sub>2</sub> as a photocatalyst significantly enhance the efficiency of the hybrid pervaporation-photocatalytic process for peat water treatment, making it a promising method for peat water purification.

## RIWAYAT HIDUP PENULIS

Evia Salma Zaurida lahir di Ngawi, Jawa Timur, pada tanggal 10 Januari 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putri dari pasangan Wahyudi dan Sujiyati. Penulis menghabiskan masa kecil dan remajanya di Kalimantan Selatan, tempat ia menyelesaikan seluruh jenjang pendidikan dasar hingga menengah. Pendidikan dasar ditempuh di SDN Mawar 2 Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan, kemudian melanjutkan ke jenjang pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Kota Banjarmasin dan menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 2 Kota Banjarmasin.

Setelah menyelesaikan pendidikan menengah, penulis melanjutkan studi di Program Studi Sarjana (S-1) Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Selama masa studi sarjana, penulis tidak hanya aktif dalam kegiatan akademik dan organisasi. Salah satu pencapaian pada masa kuliah adalah terpilih sebagai Nominasi Terbaik 3 di lingkungan Fakultas Teknik untuk periode kelulusan bulan Desember 2022.

Setelah berhasil menyelesaikan pendidikan sarjana, penulis memiliki motivasi yang kuat untuk terus mengembangkan diri dan memperdalam ilmunya di bidang Teknik Kimia. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang pascasarjana pada Program Studi Magister Teknik Kimia di Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Kesempatan ini didukung oleh keberhasilan Penulis memperoleh beasiswa prestasi yang diberikan oleh Universitas Lambung Mangkurat dan juga dukungan dari *Materials and Membranes Reseach Group*.

Melalui perjalanan pendidikannya, penulis terus berupaya untuk mengembangkan kompetensi di bidang Teknik Kimia dan memberikan kontribusi nyata bagi masyarakat. Harapannya, pendidikan yang ditempuh dapat menjadi bekal untuk menghadapi tantangan di dunia profesional serta mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “**PERVAPORASI – FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN MEMBRAN HOLLOW FIBER POLYVINILEDENE FLOURIDE (PVDF) UNTUK MENGOLAH AIR GAMBUT**”. Tujuan penulisan tesis ini dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar magister pada Program Studi Magister Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.

Penulisan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang membantu dalam penyusunannya, maka penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-sebesarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yaitu **Bapak Wahyudi** dan **Ibu Sujiyati** yang senantiasa memberikan dukungan baik secara lahir dan batin dalam setiap langkah perjalanan penulis hingga saat ini.
2. **Ibu Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D.** sebagai dosen pembimbing utama yang telah membimbing dan meluangkan waktu dan tenaga untuk berkonsultasi serta memberikan masukan dan saran selama penyelesaian penelitian hingga penulisan tesis ini.
3. **Bapak Dr. Mahmud, S.T., M.T.**, sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran dan masukan bagi penulis.
4. **Bapak Prof. Ir. Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Abubakar Tuhuloula, S.T., M.T., Ibu Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D**, selaku dosen penguji tesis ini yang telah memberikan masukan yang bermanfaat bagi penulis.
5. **Seluruh dosen Program Studi Magister Teknik Kimia** yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang senantiasa memberikan banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis selama masa perkuliahan.
6. **Materials and Membranes Research Group (M<sup>2</sup>ReG)** sebagai wadah yang telah memberikan bantuan serta fasilitas baik skill maupun pengetahuan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis.

7. **Ka Aulia Rahma, S.T., M.T., Ka Zahratunnisa, S.T., M.T.,Ka Zaini Lambri Assyaifi, S.T., M.T., dan Rhafiq Abdul Ghani S.T., M.T.,** yang tidak hanya membantu penulis dalam penelitian tesis tetapi juga dalam berperan membimbing dan memberikan ilmu baik dalam hal akademis, sosial dan kekeluargaan.
8. **Seluruh mahasiswa penelitian angkatan 2021 Teknik Kimia (Arun, Jessie, Chachay, Salsa, Widya, Triyas, Ihwan, Rusdah, Sanah, Malla, Alvira, Daffa dan Helmi)** yang senantiasa membantu penulis tanpa pamrih dalam menyelesaikan penelitian tesis ini.
9. **Seluruh teman angkatan 2023 (Vina, Andre, Feri, Allam, Ka Hilda dan Ka Niluh)** yang selalu memberikan dukungan dan bantuan semasa perkuliahan.
10. **Widya Agung Pratama S.T.,** sebagai seorang yang selalu ada dan menjadi pendengar segala keluh kesan serta penyemangat dalam proses penyelesaian tesis ini yang merupakan bentuk kerjasama kita
11. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terimakasih untuk semua masukan, bantuan dan kerjasamanya.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal budi serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan tesis ini dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan

Banjarbaru, Januari 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
DAFTAR ISI .....	
DAFTAR GAMBAR .....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
ABSTRAK .....	iv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
1.6 Luaran yang diharapkan .....	4
1.7 Hipotesis Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Air Gambut.....	5
2.1.1 Bahan Organik Alami .....	6
2.1.2 Warna.....	7
2.1.3 Kekeruhan ( <i>Turbidity</i> ) .....	7
2.1.4 <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	7
2.1.5 pH .....	7
2.2 Teknologi Membran .....	8
2.2.1 Pervaporasi .....	10
2.2.2 Parameter Proses Pemisahan Membran.....	11
2.2.3 Membran <i>Hollow fiber</i> .....	12
2.3 Proses Fabrikasi Membran .....	13
2.3.1 Material Fabrikasi Membran.....	13
2.3.2 Karakterisasi Membran .....	15
2.4 <i>Hybrid</i> Proses Membran.....	17
2.4.1 Fotokatalitik.....	17
2.4.2 Fotokatalis .....	18
4.3 State of Art .....	19

BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Alat .....	22
3.2 Bahan.....	22
3.3 Rancangan Penelitian .....	22
3.4 Variabel Penelitian.....	23
3.4.1 Variabel Bebas .....	23
3.4.2 Variabel Terikat.....	23
3.5 Diagram Penelitian .....	23
3.6 Prosedur Penelitian.....	24
3.6.1 Preparasi dan Karakterisasi Sampel .....	24
3.6.2 Fabrikasi Membran Hollow fiber (PVDF) .....	24
3.6.3 <i>Coating</i> pada Membran <i>Hollow fiber</i> (PVDF).....	25
3.6.4 Pervaporasi dan Fotokatalitik Air Gambut Menggunakan Membran <i>Hollow fiber</i> (PVDF).....	25
3.7 Analisis Data .....	26
3.7.1 Fluks Permeat .....	26
3.7.2 Rejeksi .....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Karakteristik Air Gambut .....	28
4.2 Karakteristik Membran Hollow fiber .....	29
4.2.1 Gugus Fungsi Membran Hollow fiber.....	29
4.2.3 Sudut Kontak Air Membran Hollow fiber.....	31
4.2 Porositas Membran Hollow fiber .....	33
4.3 Performa Membran Hollow fiber .....	34
4.3.1 Pengaruh Suhu Umpan terhadap Proses Pervaporasi Membran Hollow fiber.....	34
4.3.2 Perbandingan Peforma Membran Hollow fiber terhadap Proses Pervaporasi dengan Pervaporasi-Fotokatalitik .....	36
4.3.3 Pengaruh Jenis Fotokatalis terhadap Proses Pervaporasi- Fotokatalitik.....	40
BAB V KESIMPULAN.....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	49

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Air Gambut (Herawati dkk., 2021) .....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Proses Pervaporasi (Rostovtseva dkk., 2022).....	11
<b>Gambar 2. 3</b> Membran <i>Hollow Fiber</i> (Bazhenov dkk., 2018) .....	13
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian .....	24
<b>Gambar 3. 2</b> Rangkaian Alat Pervaporasi-Fotokatalitik.....	26
<b>Gambar 4. 1</b> FTIR Membran <i>Hollow Fiber</i> .....	30
<b>Gambar 4. 2</b> Sudut Kontak Air pada Membran <i>Hollow Fiber</i> .....	32
<b>Gambar 4. 3</b> Porositas Membran <i>Hollow Fiber</i> .....	33
<b>Gambar 4. 4</b> Pengaruh Suhu Umpan terhadap Proses Pervaporasi Membran <i>Hollow Fiber</i> (a) Fluks Air Murni (b) Fluks Permeat Air Gambut .....	34
<b>Gambar 4. 5</b> Perbandingan Performa Membran <i>Hollow Fiber</i> terhadap Proses Nonfotokatalitik dan Pervaporasi-Fotokatalitik (a) Fluks Air Murni (b) Fluks Permeat Air Gambut.....	36
<b>Gambar 4. 6</b> Perbandingan Performa Penyisihan TDS dan Kekeruhan pada Proses Nonfotokatalitik dan Pervaporasi-Fotokatalitik .....	38
<b>Gambar 4. 7</b> Pengaruh Jenis Fotokatalis terhadap Proses Pervaporasi- Fotokatalitik (a) Fluks Air Murni (b) Fluks Permeat Air Gambut .....	39
<b>Gambar 4. 8</b> Perbandingan Performa Penyisihan TDS dan Kekeruhan terhadap Pengaruh Jenis Fotokatalis.....	41

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Karakteristik Air Gambut dan Parameter Kualitas Air .....	6
<b>Tabel 2. 2</b> Karakteristik Proses Membran .....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Penelitian terdahulu yang relevan.....	20
<b>Tabel 3. 1</b> Rancangan Percobaan .....	23
<b>Tabel 4. 1</b> Karakteristik Air Gambut .....	28

## ABSTRAK

Air gambut di Kalimantan Selatan memiliki potensi besar sebagai sumber air baku, namun karakteristiknya yang berwarna merah kecoklatan dan bersifat asam akibat kandungan organik tinggi membuatnya tidak layak digunakan. Teknologi membran, khususnya membran polimer *polyvinylidene fluoride* (PVDF), merupakan solusi yang efektif untuk mengolah air gambut menjadi air bersih karena keunggulannya dalam selektivitas tinggi, efisiensi energi, dan minim limbah. Namun, tantangan utama dalam penggunaan membran adalah fouling yang menurunkan permeabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan menginvestigasi pengaruh modifikasi permukaan membran hollow fiber PVDF-TiO<sub>2</sub>-PEG serta menganalisis variasi fotokatalis dalam menurunkan TDS, kekeruhan, pH, dan bahan organik air gambut dengan metode *hybrid* pervaporasi-fotokatalitik. Penelitian ini melibatkan empat tahap: 1) Fabrikasi membran *hollow fiber* PVDF-TiO<sub>2</sub>-PEG, 2) *Coating* membran *hollow fiber*, 3) Karakterisasi membran, dan 4) Pervaporasi dan fotokatalitik air gambut, serta 5) Analisis data dan publikasi ilmiah. Didapatkan hasil pada penelitian ini bahwa modifikasi *surface coating* dengan P123 meningkatkan hidrofilisitas membran dengan sudut kontak air sebesar 48° dan porositas meningkat hingga 87%. Peningkatan suhu umpan (25, 40, dan 60°C) secara signifikan meningkatkan fluks pervaporasi hingga 5.84 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, dan mencapai 6.48 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pada proses pervaporasi-fotokatalitik. Penggunaan TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis memberikan fluks tertinggi untuk air murni (7.51 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) dan air gambut (7.24 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) pada suhu 60°C, melebihi ZnO dan tanpa fotokatalis. TiO<sub>2</sub> juga memberikan rejeksi UV254 sebesar 97,24%, TDS 99,59%, dan kekeruhan 98,05%. Temuan ini menunjukkan bahwa modifikasi permukaan membran dan penggunaan TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis secara signifikan meningkatkan efisiensi proses pervaporasi-fotokatalitik air gambut, menjadikannya metode potensial untuk pemurnian air gambut.

Kata Kunci: Pervaporasi, Fotokatalitik, Membran *Hollow fiber*, PVDF, Air Gambut