

**EFEKTIVITAS MEMBRAN KOMPOSIT KATALIS  
STRUKTUR SANDWICH PADA DISTILASI MEMBRAN  
UNTUK DEGRADASI KANDUNGAN SENYAWA IBUPROFEN**

**SKRIPSI**



Oleh :

**RAHMADINI LUCHMANANDRI**  
NPM. 20034010058

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM  
SURABAYA  
2024**

**EFEKTIVITAS MEMBRAN KOMPOSIT KATALIS  
STRUKTUR SANDWICH PADA DISTILASI MEMBRAN  
UNTUK DEGRADASI KANDUNGAN SENYAWA IBUPROFEN**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**OLEH**

**RAHMADINI LUCHIMANANDRI**  
NPM. 20034010058

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

**SURABAYA  
2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**EFEKTIVITAS MEMBRAN KOMPOSIT KATALIS**  
**STRUKTUR SANDWICH PADA DISTILASI MEMBRAN**  
**UNTUK DEGRADASI KANDUNGAN SENYAWA IBUPROFEN**


Disusun Oleh :

**RAHMADINI LUCHMANANDRI**  
NPM. 20034010058

Telah disetujui untuk mengikuti penelitian/verifikasi artikel ilmiah  
Menyetujui,


Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Dr. Ir. Mutawar Ali, M.T.**  
NIP. 19600401 198803 1 001

  
**Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc**  
NIP/NPT. 202 1993 0416 218

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

  
**Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.**  
NIP. 19650403 199103 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EFEKTIVITAS MEMBRAN KOMPOSIT KATALIS  
STRUKTUR SANDWICH PADA DISTILASI MEMBRAN  
UNTUK DEGRADASI KANDUNGAN SENYAWA IBUPROFEN**

Disusun Oleh:

**RAHMADINI LUCHMANANDRI**

**NPM. 20034010058**

Telah diteliti kebenarannya oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada

**Jurnal Presipitasi (Terakreditasi SINTA 2)**

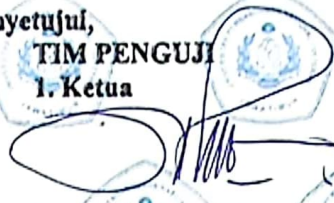
**PEMBIMBING 1**

Menyetujui,

**TIM PENGUJI**


**1. Ketua**

  
**Dr. H. Munawar Ali, M.T.**  
**NIP. 19600401 198803 1 001**

  
**Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.**  
**NIP. 19620501 198803 1 001**

**PEMBIMBING 2**

**2. Anggota**

  
**Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc.**  
**NIP/NPT. 202 1993 0416 218**

  
**Raden Kokoh Haryo P., S.T., M.T.**  
**NIP. 19900905 201903 1 026**

Mengetahui,  
**Dekan Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**

  
**Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.**  
**NIP. 19650403 199103 2 001**

**LEMBAR REVISI**

**EFEKTIVITAS MEMBRAN KOMPOSIT KATALIS  
STRUKTUR SANDWICH PADA DISTILASI MEMBRAN  
UNTUK DEGRADASI KANDUNGAN SENYAWA IBUPROFEN**

**Disusun Oleh:**

**RAHMADINI LUCHMANANDRI**  
**NPM. 20034010058**

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal .....

**TIM PENILAI**

**KETUA**

**ANGGOTA**

**Ir. Tuhun Agung Rusmana, Ph.D.**  
**NIP. 19620501 198803 1 001**

**Raden Kokoh Harjo P., S.T., M.T.**  
**NIP. 19900905 201903 1 026**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmadini Luchmanandri  
NIM : 20034010058  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : “Efektivitas Membran Komposit Katalis Struktur *Sandwich* Pada Distilasi Membran untuk Degradasi Kandungan Senyawa Ibuprofen”

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN “Veteran” Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 10 Desember 2024

Yang Menyatakan,



METERAI TEMPEL  
CS44DALX313824581

(Rahmadini Luchmanandri)

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat Rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Efektivitas Membrane Komposit Katalis Struktur *Sandwich* Pada Distilasi Membran untuk Degradasi Kandungan Senyawa Ibuprofen”** ini dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur;
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur;
3. Dr. Ir. Munawar Ali, M.T., dan Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing, membantu, mengarahkan, dan memberikan masukan dalam setiap proses penyusunan skripsi ini;
4. Prof. Sheng-Jie You dan Prof. Ya-Fen Wang selaku advisor penelitian di Chung Yuan University, Taiwan yang memberikan dukungan dan fasilitas penelitian;
5. Dian Qoriati selaku supervisor penelitian di Chunng Yuan Christan University, Taiwan yang telah banyak membantu, mengarahkan, dan memberikan saran masukan dalam proses penelitian;
6. Tuhu Agung Rachmanto, S.T., M.T dan Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang berguna untuk menyempurnakan kekurangan tugas akhir ini;
7. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu melalui kelas maupun saat diskusi.

Penyusunan tugas khir ini dilakukan dengan usaha yang maksimal, tetapi masih kurang dari kata sempurna. Penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan pada penyusunan laporan di kemudian hari. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis khususnya di bidang ilmu Teknik Lingkungan.

Surabaya, Desember 2024

Penulis



## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak luput dari peran berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Allah SWT yang telah memberikan rezeki berupa kemudahan, kelancaran, kesehatan, dan banyak kesempatan kepada saya mulai dari awal perkuliahan hingga saya menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Ayah, Ibu, dan kakak yang selalu memberikan dukungan dari segi materiil maupun non materiil, mendoakan, menemani, serta menjadi tempat berdiskusi dan berkeluh kesah pada proses penyelesaian skripsi ini;
3. Kepada *room mate* ketika penelitian di Taiwan, Redita yang selalu menemani eksperiman hingga dini hari, membawakan bekal makanan, memberi masukan dan semangat, menjadi tempat berkeluh kesah, dan selalu menghibur dikala suntuk mengerjakan penelitian;
4. Kepada teman-teman *internship*, Sholi, Isna, Diva, Starest, Rossie, Sunny, Hefty, dan Chi yang telah menjadikan suasana eksperimen menjadi hangat dan menyenangkan;
5. Kepada teman-teman Circular Society Laboratorium, Mas Wisnu, Mbak Rahma, Mbak Ica, Bu Anisa, Bu Dwi, Aubrey, Lin, Mbak Laili dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang membantu selama proses penelitian, memberikan saran dan masukan ketika eksperimen belum berhasil, menemani penelitian hingga larut malam, memberikan semangat setiap pagi, mengajak jalan-jalan ketika suntuk, dan selalu menghibur sehingga penulis tidak jenuh.

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Air Limbah Mengandung Ibuprofen.....	2
2.2 <i>Advance Oxidation Processes (AOP)</i> .....	6
2.2.1 Katalis Zirkonium Kobalt .....	7
2.3 Distilasi Membran .....	9
2.3.1 Konfigurasi Distilasi Membran .....	11
2.3.2 <i>Fouling dan Wetting</i> Pada Distilasi Membran.....	12
2.4 Fabrikasi Membran.....	13
2.4.1 Metode NIPS ( <i>Non-solvent Induced Phase Separation</i> ).....	13
2.4.2 Material Metode NIPS ( <i>Non-solvent Induced Phase Separation</i> ) .....	14
2.4.3 Pelapisan ( <i>Coating</i> ) Membran .....	17

2.4.4	Material <i>Coating</i> Membran.....	17
2.5	Penelitian Terdahulu .....	20
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>23</b>
3.1	Kerangka Penelitian.....	23
3.2	Bahan dan Alat.....	25
3.2.1	Bahan.....	25
3.2.2	Alat.....	27
3.3	Cara Kerja.....	29
3.3.1	Penelitian Pendahuluan .....	29
3.3.2	Penelitian Utama .....	31
4.5	Variabel Penelitian.....	35
3.6	Matriks Penelitian.....	36
3.7	Analisis/Uji Data .....	38
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>39</b>
4.1	Reaksi Pembentukan Katalis ZrCo.....	39
4.2	Kondisi Optimum Komposisi dan Suhu Kalsinasi .....	40
4.3	Kondisi Optimum Konsentrasi Katalis.....	43
4.4	Efektivitas dan Pengaruh Suhu Feed terhadap Kinerja Distilasi Membran Untuk Degradasi Ibuprofen pada Air Limbah. ....	45
4.5	Efektivitas dan Pengaruh Laju Aliran Feed terhadap Kinerja Distilasi Membran Untuk Degradasi Ibuprofen pada Air Limbah. ....	48
4.6	Efektivitas dan Pengaruh Molaritas Peroxymonosulfat terhadap Kinerja Distilasi Membran Untuk Degradasi Ibuprofen pada Air Limbah. ....	51
4.7	Analisis Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Jenis Katalis terhadap Flux dan Efisiensi Removal.....	54

4.8	Analisis Konsentrasi Katalis dan Jenis Katalis terhadap Flux dan Efisiensi Removal.....	56
4.9	Analisis Suhu Feed dan Jenis Katalis terhadap Flux dan Efisiensi Removal .....	57
4.10	Analisis Laju Alir dan Jenis Katalis terhadap Flux dan Efisiensi Removal .....	59
4.11	Analisis Molaritas PMS dan Jenis Katalis terhadap Flux dan Efisiensi Removal .....	61
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>63</b>
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>65</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>75</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Membran Katalis Sebagai Media Untuk Degradasi Ibuprofen.....	9
<b>Gambar 2.2</b> Jenis Konfigurasi Distilasi Membran untuk Pemisahan Polutan.....	12
<b>Gambar 2.3</b> Teknik Pembuatan Membran Menggunakan Metode NIPS. ....	14
<b>Gambar 2.4</b> Polysulfone (PSF) Sebagai Polimer.....	15
<b>Gambar 2.5</b> Polyvinylpyrrolidone (PVP) Berperan Sebagai Pembentuk Pori. ....	15
<b>Gambar 2.6</b> <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG) Sebagai Aditif.....	16
<b>Gambar 2.7</b> Dimethylacetamide (DMAc) Sebagai Pelarut. ....	16
<b>Gambar 2.8</b> Metode Pelapisan (Coating) Membran.....	17
<b>Gambar 2.9</b> Polydimethylsiloxane (PDMS) Sebagai Polimer.....	18
<b>Gambar 2.10</b> Tetraethyl Orthosilicate (TEOS) Sebagai Pendukung Sifat Hidrofobitas.....	19
<b>Gambar 2.11</b> Dibutyltin Dilaurate (DBTDL) Sebagai Katalis antara PDMS dan TEOS.....	19
<b>Gambar 2.12</b> N-Hexane Sebagai Pelarut.....	20
<b>Gambar 3.1</b> Alur Kerja Penelitian.....	29
<b>Gambar 3.2</b> Sintesis Limbah Ibuprofen.....	30
<b>Gambar 3.3</b> Sintesis Katalis $ZrO_2@Co_3O_4$ .....	31
<b>Gambar 3.4</b> Casting Membran.....	32
<b>Gambar 3.5</b> Coating Membran.....	33
<b>Gambar 3.6</b> Coating Membran dengan Katalis .....	33
<b>Gambar 3.7</b> Air Gap Membrane Distillation (AGMD). ....	35
<b>Gambar 4.1</b> Flux Komposisi Katalis dan Suhu Kalsinasi Katalis .....	40
<b>Gambar 4.2</b> Efisiensi Removal Komposisi Katalis dan Suhu Kalsinasi Katalis. ....	40
<b>Gambar 4.3</b> Flux Konsentrasi Katalis.....	43
<b>Gambar 4.4</b> Efisiensi Removal Konsentrasi Katalis .....	44
<b>Gambar 4.5</b> Flux Suhu Feed .....	46
<b>Gambar 4.6</b> Efisiensi Removal Suhu Feed.....	47

<b>Gambar 4.7</b> Flux Laju Aliran Feed.....	49
<b>Gambar 4.8</b> Efisiensi Removal Laju Aliran Feed.....	50
<b>Gambar 4.9</b> Flux Penambahan Molaritas PMS pada Feed .....	52
<b>Gambar 4.10</b> Efisiensi Removal Penambahan Molaritas PMS pada Feed .....	53
<b>Gambar 4.11</b> Hasil Uji ANOVA Two Way Suhu Kalsinasi dan Jenis Katalis pada Flux (A) dan Efisiensi Removal (B) .....	55
<b>Gambar 4.12</b> Hasil Uji ANOVA Two Way Konsentrasi Katalis dan Jenis Katalis pada Flux (A) dan Efisiensi Removal (B) .....	57
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Uji ANOVA Two Way Suhu Feed dan Jenis Katalis pada Flux (A) dan Efisiensi Removal (B).....	58
<b>Gambar 4.14</b> Hasil Uji ANOVA Two Way Laju Alir dan Jenis Katalis pada Flux (A) dan Efisiensi Removal (B) .....	60
<b>Gambar 4.15</b> Hasil Uji ANOVA Two Way Molaritas PMS dan Jenis Katalis pada Flux (A) dan Efisiensi Removal (B) .....	62

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Penelitian Terdahulu .....	20
<b>Tabel 3.1</b> Bahan Penelitian .....	25
<b>Tabel 3.2</b> Alat Penelitian .....	27
<b>Tabel 3.3</b> Matriks Pembuatan Katalis.....	36
<b>Tabel 3.4</b> Matriks Pembuatan Membran Komposit Katalis .....	36
<b>Tabel 3.5</b> Distilasi Membran .....	37

## ABSTRAK

Pada penelitian ini akan dilakukan pengolahan air limbah mengandung ibuprofen menggunakan membran komposit katalis dengan teknologi distilasi membran. Penelitian ini akan menggunakan membran hidrofobik poly sulfone sebagai membran utama dan katalis ZrCo hasil sintesis antara  $ZrCl_4$  dan  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$  menggunakan metode hidrotermal. Katalis akan diaplikasikan pada membran utama melalui metode dipcoating menggunakan polydimethylsiloxane. Hasil penelitian, efisiensi removal tertinggi pada katalis dengan suhu kalsinasi  $600^\circ C$ , komposisi 2:1, dan konsentrasi 0.5 wt%. Flux pada variabel suhu feed tertinggi dicapai ketika suhu  $80^\circ C$  pada nilai 20.5 LMH dengan efisiensi removal 99.88%. Pada variabel laju aliran feed flux tertinggi ketika laju alir 4 L/min berada pada angka 11.08 LMH dengan efisiensi removal 98.67% pada penggunaan katalis 1:1. Sedangkan, efisiensi removal tertinggi dicapai ketika menggunakan katalis 2:1 sebesar 99.26% dengan flux 9.46 LMH sehingga laju alir 4 min/L dinilai lebih efektif ketika menggunakan katalis 2:1. Pada variabel molaritas PMS nilai tertinggi dicapai ketika molaritas PMS 15 mmol/L dengan nilai flux 13.2 LMH dan efisiensi removal 99.80%.

**Kata Kunci: Distilasi Membran, Katalis ZrCo, Air Limbah Mengandung Ibuprofen**



## **ABSTRACT**

*This study will focus on the treatment of wastewater containing ibuprofen using a composite catalyst membrane with membrane distillation technology. The study will use a hydrophobic polysulfone membrane as the main membrane and a ZrCo catalyst synthesized from  $ZrCl_4$  and  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$  through a hydrothermal method. The catalyst will be applied to the main membrane using the dipcoating method with polydimethylsiloxane. The results of the study show that the highest removal efficiency was achieved with the catalyst calcined at  $600^\circ C$ , a composition of 2:1, and a concentration of 0.5 wt%. The highest flux for the feed temperature variable was achieved at  $80^\circ C$ , with a value of 20.5 LMH and a removal efficiency of 99.88%. For the feed flow rate variable, the highest flux was achieved at a flow rate of 4 L/min, with a value of 11.08 LMH and a removal efficiency of 98.67% using a 1:1 catalyst. The highest removal efficiency was achieved using the 2:1 catalyst, with a value of 99.26% and a flux of 9.46 LMH. Therefore, a feed flow rate of 4 L/min is considered more effective when using the 2:1 catalyst. For the PMS molarity variable, the highest value was achieved at a PMS molarity of 15 mmol/L, with a flux of 13.2 LMH and a removal efficiency of 99.80%.*

**Keywords: Membrane Distillation, ZrCo Catalyst, Wastewater Containing Ibuprofen**