SKRIPSI

ANALISIS PEMBENTUKAN MEMBRAN PERAK NITRAT ($AgNO_3$) DENGAN PENCAMPURAN *POLYETHERSULFONE* (PES); KARAKTERISTIK, KINERJA PENGOLAHAN AIR DAN SIFAT MEKANIS

MUHAMMAD RIZKIANSYAH ADIL

03051282126034

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

SKRIPSI

ANALISIS PEMBENTUKAN MEMBRAN PERAK NITRAT ($AgNO_3$) DENGAN PENCAMPURAN *POLYETHERSULFONE* (PES); KARAKTERISTIK, KINERJA PENGOLAHAN AIR DAN SIFAT MEKANIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH

MUHAMMAD RIZKIANSYAH ADIL

03051282126034

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PEMBENTUKAN MEMBRAN PERAK NITRAT ($AgNO_3$) DENGAN PENCAMPURAN *POLYETHERSULFONE* (PES); KARAKTERISTIK, KINERJA PENGOLAHAN AIR DAN SIFAT MEKANIS

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:
MUHAMMAD RIZKIANSYAH ADIL
03051282126034

Indralaya, 15 Juli 2025

Ketua Jurusan Teknik Mesin	**Pembimbing Skripsi,**
Prof. Ir. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP.	**Ir. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.**
NIP. 19790927 2003 12 1004	**NIP. 19790105 2003 12 1002**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Analisis Pembentukan Membran Perak Nitrat ($AgNO_3$) dengan Pencampuran *Polyethersulfone* (PES); Karakteristik, Kinerja Pengolahan Air dan Sifat Mekanis" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Juli 2025.

Indralaya, 15 Juli 2025

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Dr. Ir. Gunawan, S.T., M.T.
   NIP. 197705072001121001 (.....)

Anggota :

2. Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.
   NIP. 198106302006041001 (.....)

3. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
   NIP. 195903211987031001 (.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin	**Pembimbing Skripsi,**
Prof. Ir. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP.	**Ir. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.**
NIP. 19790927 2003 12 1004	**NIP. 19790105 2003 12 1002**

JURUSAN TEKNIK MESIN	**Agenda No.**	: 012/TM/AK/2025
FAKULTAS TEKNIK	**Diterima Tanggal**	: 4 Agustus 2025
UNIVERSITAS SRIWIJAYA	**Paraf**	

SKRIPSI

NAMA	:	MUHAMMAD RIZKIANSYAH ADIL
NIM	:	03051282126034
JURUSAN	:	TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI	:	ANALISIS PEMBENTUKAN MEMBRAN PERAK NITRAT ($AGNO_3$) DENGAN PENCAMPURAN *POLYETHERSULFONE* (PES); KARAKTERISTIK, KINERJA PENGOLAHAN AIR DAN SIFAT MEKANIS
DIBUAT TANGGAL	:	29 AGUSTUS 2024
SELESAI TANGGAL	:	JULI 2025

Indralaya, 15 Juli 2025

Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Prof. Ir. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP.

NIP. 19790927 2003 12 1004

Pembimbing Skripsi,

Ir. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19790105 2003 12 1002

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala berkat dan nikmat-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Analisis Pembentukan Membran Perak Nitrat ($AgNO_3$) dengan Pencampuran *Polyethersulfone* (PES); Karakteristik, Kinerja Pengolahan Air dan Sifat Mekanis" sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulisan Skripsi ini terwujud atas bantuan dan dukungan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ayahanda Ricky Hizrat dan ibunda Reni Krisna sebagai orang tua penulis yang telah memberi dukungan secara moral dan juga moril serta doa yang baik untuk penulis.
2. Bapak Ir. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan, saran serta nasihat dalam menyelesaikan Skripsi ini.
3. Prof. Ir. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Barlin, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakutas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Qomarul Hadi, S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah senantiasa memberikan bimbingan, waktu, arahan, ilmu dan nasihat kepada penulis.
6. Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberi ilmu dan pelajaran yang bermanfaat kepada Penulis selama masa perkuliahan.
7. Ayu Uswatun Hasana sebagai teman dekat penulis yang telah mendukung dan menemani penulis dalam pengerjaan Skripsi ini.
8. Teman-teman satu Angkatan Teknik Mesin 2021 dan Sriwijaya Eco yang telah membagi ilmu dan pengalaman secara luas kepada penulis.

Penulis menyadari adanya kesalahan yang bersumber dari keterbatasan

pengetahuan dan kemampuan pribadi dalam pembuatan dan penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis meminta maaf sebesar–besarnya dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari seluruh pihak dan pembaca demi memperbaiki Skripsi ini menjadi lebih baik. Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi serta menambah ilmu bagi para pembaca dan semua pihak terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, 15 Juli 2025

Muhammad Rizkiansyah Adil
NIM. 03051282126034

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizkiansyah Adil

NIM : 03051282126034

Judul : Analisis Pembentukan Membran Perak Nitrat ($AgNO_3$) dengan Pencampuran *Polyethersulfone* (PES); Karakteristik, Kinerja Pengolahan Air dan Sifat Mekanis

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 15 Juli 2025

Muhammad Rizkiansyah Adil

NIM. 03051282126050

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizkiansyah Adil

NIM : 03051282126034

Judul : Analisis Pembentukan Membran Perak Nitrat ($AgNO_3$) dengan Pencampuran *Polyethersulfone* (PES); Karakteristik, Kinerja Pengolahan Air dan Sifat Mekanis

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

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 15 Juli 2025

Muhammad Rizkiansyah Adil
NIM. 03051282126034

RINGKASAN

ANALISIS PEMBENTUKAN MEMBRAN PERAK NITRAT ($AgNO_3$) DENGAN PENCAMPURAN *POLYETHERSULFONE* (PES); KARAKTERISTIK, KINERJA PENGOLAHAN AIR DAN SIFAT MEKANIS

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 15 Juli 2025

Muhammad Rizkiansyah Adil, dibimbing oleh Ir. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D. xxv + 42 halaman, 4 tabel, 17 gambar, 5 lampiran

RINGKASAN

Ketersediaan air bersih yang semakin terbatas akibat pencemaran dan eksploitasi berlebihan menjadi isu global yang serius, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Salah satu solusi yang berkembang adalah teknologi membran, yang mampu memisahkan kontaminan dari air secara selektif tanpa bahan kimia tambahan dan dengan konsumsi energi rendah. *Polyethersulfone* (PES) banyak digunakan dalam pembuatan membran karena sifat termal, kimia, dan mekaniknya yang baik, namun cenderung rentan terhadap *fouling* karena akibat dari sifat hidrofobiknya. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performa membran PES melalui penambahan senyawa penguat yaitu Perak Nitrat ($AgNO_3$) sebagai aditif antibakteri dan penerapan medan listrik searah (DC) sebesar 20.000 Volt selama 15 detik saat proses pencetakan. Tiga variasi konsentrasi $AgNO_3$ digunakan, yaitu 1 wt%, 1,25 wt%, dan 1,5 wt%, dengan 30 wt% PES dan pelarut DMF. Spesimen dicetak dalam bentuk flat sheet, kemudian diuji menggunakan *Scanning Electron Microscopy* SEM untuk karakterisasi morfologi, uji tarik (ASTM D638 Type IV) untuk kekuatan mekanik, dan uji *Clean Water Permeability* (CWP) untuk performa filtrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan $AgNO_3$ berpengaruh signifikan terhadap morfologi dan juga kinerja pada membran. Konsentrasi 1 wt% memberikan hasil yang terbaik dengan pori merata, permukaan halus, tegangan tarik 4,20 MPa, dan fluks 4,20 $L \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot bar^{-1}$. Konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan aglomerasi, menyempitkan pori, menurunkan porositas, serta menurunkan

kekuatan dan fluks. Dengan demikian, kombinasi modifikasi kimia $AgNO_3$ dan *Electric Field* terbukti meningkatkan sifat morfologi, mekanik, dan filtrasi membran secara signifikan. Penelitian ini memberikan kontribusi bagi pengembangan membran yang lebih efektif, antibakteri, dan *antifouling* untuk aplikasi skala rumah tangga maupun industri.

Kata Kunci: Membran, *Polyethersulfone* (PES), Perak Nitrat ($AgNO_3$), *Electric Field*, *Clean Water Permeability* (CWP)

Kepustakaan: 37

SUMMARY

ANALYSIS OF SILVER NITRATE ($AgNO_3$) MEMBRANE FORMATION THROUGH POLYETHERSULFONE (PES) BLENDING: CHARACTERISTICS, WATER TREATMENT PERFORMANCE, AND MECHANICAL PROPERTIES

Scientific Writing in the Form of a Undergraduate Thesis, 15 July 2025

Muhammad Rizkiansyah Adil, supervised by Ir. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D. xxvii + 42 pages, 4 tables, 17 figures, 5 attachments.

SUMMARY

The limited availability of clean water due to environmental pollution and excessive exploitation has become a critical global issue, particularly in developing countries like Indonesia. One promising solution is membrane technology, which enables selective separation of contaminants from water without requiring additional chemicals and with relatively low energy consumption. Polyethersulfone (PES) is commonly used in membrane fabrication due to its excellent thermal, chemical, and mechanical stability, but its hydrophobic nature makes it susceptible to fouling from particle or microorganism buildup. This study aims to enhance the performance of PES membranes by adding Silver Nitrate ($AgNO_3$) as an antibacterial additive and applying a direct current (DC) electric field of 20,000 volts for 15 seconds during membrane casting. Three $AgNO_3$ concentrations were used—1 wt%, 1.25 wt%, and 1.5 wt%—with 30 wt% PES and N,N-Dimethylformamide (DMF) as the solvent. The membranes were cast into flat sheets and tested using Scanning Electron Microscopy (SEM) for morphological analysis, tensile testing (ASTM D638 Type IV) for mechanical strength, and Clean Water Permeability (CWP) testing for filtration performance. Results showed that $AgNO_3$ addition significantly affected membrane morphology and performance. The membrane with 1 wt% $AgNO_3$ exhibited the best results, including uniform pores, a smooth

surface, the highest tensile strength (4.20 MPa), and the highest water flux (4.20 $L \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot bar^{-1}$). Higher $AgNO_3$ concentrations led to particle agglomeration, resulting in reduced pore size, lower porosity, and decreased mechanical and filtration performance. Thus, combining chemical modification with $AgNO_3$ and electric field application effectively improves the morphology, mechanical strength, and filtration efficiency of PES membranes. This research contributes to the development of more effective, antibacterial, and antifouling membranes for household and industrial water treatment applications.

Keyword: Membrane, Polyethersulfone (PES), Silver Nitrate ($AgNO_3$), Electric Field, Clean Water Permeability (CWP)

Literature: 37

DAFTAR ISI

SKRIPSI i
HALAMAN PENGESAHAN v
HALAMAN PERSETUJUAN vii
KATA PENGANTAR xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS xv
RINGKASAN xvii
SUMMARY xix
DAFTAR ISI xxi
DAFTAR GAMBAR xxiii
DAFTAR TABEL xxv
DAFTAR LAMPIRAN xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Batasan Masalah 6
1.4 Tujuan Penelitian 6
1.5 Manfaat Penelitian 7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Definisi Membran 9
2.2 Bahan dan Persiapan Membran 10
2.2.1 *Polyethersulfone* (PES) 10
2.2.2 *N, N-Dimethylformamide* (DMF) 12
2.2.3 Perak Nitrat ($AgNO_3$) 13
2.3 Karakteristik Membran 15
2.3.1 Modifikasi Permukaan Membran 15
2.3.2 Analisis Karakteristik 16
2.4 Penelitian Terdahulu 20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 23
3.1 Rancangan Penelitian 23

3.2 Alat dan Bahan 24
3.3 Persiapan Membran 24
3.3.1 Persiapan Proses Pencampuran 25
3.3.2 Metode Cetakan *Electric Field* 26
3.4 Metode Pengujian Membran 27
3.4.1 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 27
3.4.2 Pengujian Tarik 29
3.4.3 *Clean Water Permeability* (CWP) 30
3.5 Waktu dan Tempat Penelitian 32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Hasil Pengujian 33
4.1.1 Pengujian Tarik 33
4.1.2 *Clean Water Permeability* (CWP) 36
4.1.3 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 41
5.1 Kesimpulan 41
5.2 Saran 42
DAFTAR PUSTAKA 43
LAMPIRAN 49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Polyethersulfone* (PES) 11
Gambar 2.2 *N,N-Dimethylformamide* (DMF) 12
Gambar 2.3 Perak Nitrat ($AgNO_3$) 14
Gambar 2.4 Aktivitas Antibakteri 15
Gambar 2.5 Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (Setiawan, Argo dan Hendrawan, 2015) 17
Gambar 2.6 ASTM D-638 Tipe IV (National Standardization Agency of Republic Indonesia, 2024) 18
Gambar 2.7 Grafik Pengujian Tarik (Sastranegara, 2017) 18
Gambar 2.8 Sampel Uji ASTM D-638 Tipe IV 18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 23
Gambar 3.2 Proses Pembuatan Membran 26
Gambar 3.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 28
Gambar 3.4 Alat Pengujian Tarik ALIYIQI AMF-20 30
Gambar 3.5 *Clean Water Permeability* 31
Gambar 4.1 Grafik Nilai Rata-rata Tegangan Tarik Membran dalam Setiap Konsentrasi 35
Gambar 4.2 Grafik Nilai Fluks Rata-rata Membran Pada Setiap Konsentrasi. 37
Gambar 4.3 Hasil Pengamatan SEM Membran PES 30wt%@$AgNO_3$ 1wt%. 39
Gambar 4.4 Hasil Pengamatan SEM Membran PES 30wt%@$AgNO_3$ 1,5wt% 39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Pencampuran Membran 25
Tabel 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 32
Tabel 4.1 Data Keseluruhan Pengujian Tarik 33
Tabel 4.2 Data Keseluruhan *Clean Water Permeability* (CWP)..... 37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Relevansi Penelitian..... 49
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian 58
Lampiran 3. Perhitungan Komposisi Membran 61
Lampiran 4. Data Keseluruhan Pengujian Tarik 62
Lampiran 5. Data Keseluruhan Pengujian Clean Water Permeability 63
Lampiran 6. Form Konsultasi Tugas Akhir..... 64
Lampiran 7. Cek Turnitin..... 65

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih (*fresh water*) adalah salah satu kebutuhan pokok yang mendasar bagi kehidupan manusia yang keberadaannya harus terjamin secara berkelanjutan, baik dari segi waktu, jumlah, maupun mutu. Ketersediaan air bersih menjadi isu strategis di berbagai negara, terutama di kawasan dengan konsentrasi penduduk yang padat. Permasalahan ini umumnya disebabkan oleh ketidakseimbangan antara tingkat permintaan (demand) yang terus meningkat dan ketersediaan (supply) yang cenderung menurun. Ketersediaan air yang menurun ini terjadi karena berkurangnya aliran sumber daya air baku, termasuk mata air, sungai, danau, serta air tanah, yang sebagian besar disebabkan oleh peningkatan degradasi lingkungan (Wenten dkk., 2010). Menurut laporan *World Health Organization* (WHO), sekitar 2 miliar individu saat ini berisiko tinggi mengalami diare yang disebabkan oleh konsumsi air dan makanan yang tercemar. Penyakit ini menjadi faktor utama dalam tingginya angka kematian anak-anak, yang mencapai lebih dari 5 juta kasus setiap tahun.

Sumber-sumber air saat ini semakin mengalami pencemaran, baik akibat limbah industri yang tidak melalui proses pengolahan terlebih dahulu maupun karena eksploitasi berlebih yang melampaui kapasitas daya pulih alaminya. Apabila tidak dilakukan perubahan mendasar dalam pola pemanfaatan air, bukan tidak mungkin di masa mendatang air hanya dapat digunakan setelah melalui proses pengolahan khusus yang biayanya melampaui kemampuan ekonomi sebagian besar negara (Herlambang, 2018). Dalam upaya mengatasi krisis air bersih, teknologi membran merupakan salah satu metode pemisahan yang tergolong baru, namun telah banyak diadopsi dalam berbagai sektor, termasuk pengolahan air dan limbah industri. Melalui teknologi ini, air limbah dapat diolah menjadi air murni dengan kualitas yang layak dan aman untuk dikonsumsi. Indonesia sendiri turut

menghadapi dampak dari krisis air bersih global, namun pemanfaatan teknologi pengolahan air, khususnya teknologi membran, masih terbatas secara komersial sehingga penyebarannya belum merata di seluruh wilayah tanah air.

Teknologi membran telah menjadi teknologi pemisahan yang signifikan selama beberapa dekade terakhir. Teknologi ini menawarkan berbagai keunggulan, antara lain tidak memerlukan penambahan bahan kimia dalam prosesnya, memiliki konsumsi energi yang relatif rendah, mudah dalam pengoperasian, serta mampu menjalankan proses secara efisien dan terstruktur (Hikmawan dkk., 2020). Secara terminologis, Membran adalah lapisan yang tipis yakni berfungsi sebagai pemisah selektif antara suatu fasa. Proses pemisahan dalam teknologi membran bergantung pada perbedaan sifat seperti koefisien difusi, tekanan, potensial listrik, atau konsentrasi antar komponen. Beberapa proses pemisahan pada teknologi membran, termasuk reverse osmosis (RO), ultrafiltrasi (UF), mikrofiltrasi (MF), dan piezodialisis, umumnya digerakkan oleh perbedaan tekanan sebagai *driving force* atau gaya dorong. Di sisi lain, proses membran lainnya memanfaatkan perbedaan konsentrasi seperti pada pemisahan gas, pervaporasi, membran cair, dan dialisis serta perbedaan suhu pada distilasi membran dan termo-osmosis, dan perbedaan potensial listrik pada elektrodialisis. Dalam praktiknya, teknologi membran dapat diaplikasikan untuk berbagai tujuan seperti pemekatan, pemurnian, fraksionasi, maupun sebagai media pendukung dalam proses reaksi kimia (Mulder, 1996).

Dengan demikian, Membran yang terbuat dari bahan dasar polimer termasuk tipe membran yang cukup marak digunakan dalam berbagai aplikasi industri (Kang dan Cao, 2014). Membran polimer memiliki sifat yang bervariasi, memungkinkan proses pemisahan dilakukan secara kontinu dan fleksibel sesuai dengan kebutuhan, serta mampu meningkatkan kualitas air yang dihasilkan (Ramadhanis, 2021) Keberhasilan implementasi sistem membran dalam pengolahan air sering kali terhambat oleh permasalahan *fouling* atau pengotoran membran. Salah satu faktor utama yang memengaruhi terjadinya *fouling* adalah karakteristik permukaan membran itu sendiri, khususnya tingkat hidrofilisitasnya (Rajesh dkk., 2013) *Fouling* juga dapat disebabkan oleh akumulasi material anorganik maupun organik yang terkandung di dalam air, yang menempel pada permukaan membran. Kondisi ini berkontribusi terhadap penurunan kinerja sistem, khususnya ditandai dengan

berkurangnya nilai fluks membran (Al-Amoudi, 2010). *Fouling* dapat menyebabkan penyumbatan pada pori-pori membran, yang pada akhirnya mengakibatkan penurunan fluks permeasi air selama berlangsungnya proses operasi membran (Fathanah dkk., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rajesh dan Al-Amoudi, peningkatan sifat anti *fouling* pada membran dapat dicapai melalui modifikasi permukaan membran. Karakteristik membran yang optimal dapat didapatkan dengan menambahkan zat aditif ke dalam matriks polimer membran. Beberapa jenis bahan aditif yang umum digunakan memiliki variasi dalam hal jenis dan harga, di antaranya adalah *Polyethersulfone* (PES), *N,N-Dimethylformamide* (DMF), dan Perak Nitrat ($AgNO_3$). *Polyethersulfone* (PES) yakni salah satu material yang paling banyak digunakan pada pengaplikasian pemisahan menggunakan teknologi membran. Membran yang berbahan dasar PES memiliki stabilitas yang baik terhadap oksidasi, suhu tinggi (termal), dan lingkungan hidrolitik, serta menunjukkan sifat mekanik yang kuat. Selain itu, PES juga memiliki fluks yang tinggi dan tergolong lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan membran lainnya (Nurmalasari dkk., 2022). Membran berbahan Polyethersulfone (PES) bersifat hidrofobik, sehingga memiliki ketahanan yang rendah terhadap *fouling*. Kondisi *fouling* pada membran menyebabkan penurunan kinerja selama proses operasional, oleh karena itu, penambahan nanopartikel diperlukan sebagai agen untuk meningkatkan sifat anti *fouling* pada membran PES (Vatanpour dkk., 2012).

Penambahan senyawa Perak Nitrat ($AgNO_3$) pada membran filtrasi air berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri coliform yang menjadi penyebab utama bio*fouling*, sehingga dapat mengurangi tingkat pengotoran pada membran (Nugroho dkk., 2015), Faktor utama yang memengaruhi kinerja permukaan membran meliputi sifat hidrofilisitas, muatan permukaan, serta tingkat kekasaran yang dimilikinya (Zhao dkk., 2015). Pemanfaatan Perak Nitrat ialah sebagai bahan aditif dalam proses fabrikasi membran untuk proses penjernihan air telah mengalami kemajuan yang signifikan, seiring meningkatnya kebutuhan akan teknologi filtrasi yang lebih efisien dan bersifat antibakteri. Hal ini disebabkan oleh mekanisme kerja ion perak ($AgNO_3$) yang mampu menonaktifkan bakteri dengan cara menempel pada dinding sel bakteri, menyebabkan gangguan struktural berupa

pembesaran sel, yang pada akhirnya mengakibatkan kematian bakteri. *N,N-Dimethylformamide* (DMF) adalah pelarut polimer sekaligus aditif yang mempunyai keunggulan karakteristik, antara lain ketahanan terhadap api, volatilitas yang rendah, serta tingkat toksisitas yang relatif minim. Sebagai pelarut, DMF dapat dicampurkan secara langsung ke dalam larutan komposisi dalam bentuk cair tanpa melalui proses pelarutan tambahan. Penggunaan DMF dalam pencampuran dengan *Polyethersulfone* (PES) diketahui dapat meningkatkan kekuatan mekanik membran yang dihasilkan. Selain itu, salah satu keunggulan DMF adalah kemampuannya untuk menguap atau larut secara sempurna selama proses pencetakan membran berlangsung (Mataram dkk., 2024).

Penelitian ini difokuskan pada modifikasi membran yang mencakup aspek permukaan, karakteristik fisik, sifat mekanik, serta kinerja dalam proses pengolahan air. Modifikasi dilakukan melalui penerapan metode medan listrik (*Electric Field*) pada saat pembentukan membran. Penggunaan medan listrik dalam proses ini memberikan berbagai keuntungan, di antaranya adalah kemampuan untuk mengurangi kekasaran permukaan membran. Permukaan yang lebih halus berkontribusi pada penurunan hambatan aliran fluida serta meminimalkan interaksi tidak diinginkan antara membran dan partikel atau polutan yang berpotensi menyebabkan *fouling*. Selain itu, metode ini juga memungkinkan pembentukan pori dengan ukuran yang lebih seragam, yang penting untuk menjamin efisiensi dan konsistensi proses pemisahan. Ukuran pori yang uniform mendukung pengaturan aliran fluida dan pemisahan yang lebih akurat. Keuntungan lain dari penerapan medan listrik adalah kemampuannya dalam mengurangi efek polarisasi konsentrasi, yaitu kondisi di mana konsentrasi zat terlarut di dekat permukaan membran lebih tinggi dibandingkan dengan bagian fluida yang lebih jauh. Dengan penerapan medan listrik, distribusi ion dan molekul menjadi lebih terkendali, sehingga terbentuk gradien konsentrasi yang lebih stabil dan mengurangi pembentukan lapisan penghalang di permukaan membran.

Medan listrik juga berperan dalam mencegah terjadinya pengendapan polutan pada permukaan membran. Dengan memodifikasi sifat elektrostatik membran, medan listrik mampu menurunkan kecenderungan partikel polutan bermuatan untuk melekat pada permukaan, sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya

fouling. Kombinasi dari permukaan pada membran yang lebih bagus, ukuran pori seragam, dan berkurangnya hambatan aliran turut berkontribusi terhadap peningkatan fluks membran, yaitu laju aliran filtrat per satuan luas pada membran (Li dkk., 2018). Dalam analisis pada karakteristik membran, akan dilakukan suatu pengujian morfologi permukaan dan struktur pori menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM), serta analisis sudut kontak untuk mengevaluasi sifat hidrofilik membran. Sifat mekanik membran diuji melalui uji tarik guna mengetahui kekuatan dan elastisitasnya. Sementara itu, kinerja membran dalam pengolahan suatu air dinilai pada uji *Clean Water Permeability* (CWP) agar dapat mengukur kemampuan membran dalam menghantarkan air yang bersih.

Atas dasar permasalahan ini, penulis mengambil tema tugas akhir / skripsi dengan judul: "ANALISIS PEMBENTUKAN MEMBRAN PERAK NITRAT ($AgNO_3$) DENGAN PENCAMPURAN *POLYETHERSULFONE* (PES); KARAKTERISTIK, KINERJA PENGOLAHAN AIR DAN SIFAT MEKANIS".

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk mengidentifikasi serta merumuskan permasalahan yang akan dijadikan dasar dalam pelaksanaan studi. Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Apa hasil yang diperoleh dari pencampuran membran *Polyethersulfone* (PES) dengan penambahan Perak Nitrat (AgNO3)?
b. Bagaimana Metode *Electric Field* yang digunakan untuk memodifikasi permukaan membran?
c. Bagaimana pengaruh metode *Electric Field* terhadap sifat *anti-fouling* pada membran?
d. Bagaimana struktur mikro yang dihasilkan melalui alat pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM)?
e. Bagaimana karakteristik sifat mekanik pada membran yang dihasilkan melalui alat Pengujian Tarik?

f. Bagaimana hasil kinerja pengolahan air yang didapatkan melalui alat *Clean Water Permeability* (CWP)?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian membutuhkan unsur pendukung seperti batasan masalah. Adapun batasan masalah yaitu sebagai berikut:

a. Penelitian ini menggunakan *Polyethersulfone* (PES) sebagai polimer dengan konsentrasi 30 wt%.
b. Pada penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi Perak Nitrat ($AgNO_3$) yang digunakan sebagai aditif dalam campuran adalah sebesar 1 wt%, 1,25 wt%, dan 1,5 wt%.
c. Pelarut yang digunakan dalam pengujian ini adalah *N,N-Dimethylformamide* (DMF).
d. Spesimen yang dibuat dan diuji yaitu berbentuk *flat sheet*.
e. Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan meliputi karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), uji *Clean Water Permeability* (CWP), serta Pengujian tarik.
f. Kecepatan pengadukan tidak menjadi parameter yang diperhatikan dalam penelitian ini.
g. Waktu pengadukan membran dilakukan selama 7 - 8 jam dengan suhu berkisaran 35 - 40◦C

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Melakukan analisis terhadap sifat antifouling membran yang dimodifikasi permukaannya melalui penerapan metode *Electric Field*.

b. Menganalisis struktur mikro pada membran
c. Menganalisis tegangan tarik pada membran
d. Menganalisis kinerja pengolahan air pada membran

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penulis terhadap penelitian ini, yaitu:

a. Mengembangkan pemahaman ilmiah mengenai pembuatan membran melalui pencampuran *Polyethersulfone* (PES) dengan penambahan Perak Nitrat ($AgNO_3$).
b. Penelitian ini merujuk pada berbagai studi terdahulu dan diharapkan dapat berperan sebagai dasar bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A.L., Sugumaran, J. and Shoparwe, N.F. (2018) 'Antifouling properties of PES membranes by blending with ZnO nanoparticles and NMP-acetone mixture as solvent', Membranes, 8(4). Available at: https://doi.org/10.3390/membranes8040131.

Al-Amoudi, A.S. (2010) 'Factors affecting natural organic matter (NOM) and scaling fouling in NF membranes: A review', Desalination, 259(1–3), pp. 1–10. Available at: https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.04.003.

Angersbach, A., Heinz, V., Knorr, D., 2000. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems, Innovative Food Science & Emerging Technologies.

Barth, C. dkk. (2000) Asymmetric polysulfone and polyethersulfone membranes: effects of thermodynamic conditions during formation on their performance, Journal of Membrane Science.

Budiman, H. (2016) 'Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell', J-Ensitec, 3(01), pp. 9–13. Available at: https://doi.org/10.31949/j-ensitec.v3i01.309.

Chen, Y., Dang, J., Zhang, Y., Zhang, H., Liu, J., 2013. Preparation and antibacterial property of PES/AGNO3 three-bore hollow fiber ultrafiltration membranes. Water Science and Technology 67, 1519–1524. https://doi.org/10.2166/wst.2013.023

Daulay, Abdul Halim, Masthura, and Arninda Pratiwi. 2022. "Analisis Pengaruh Variasi Suhu Pembakaran Terhadap Mikrostruktur Dan Kandungan Silika Abu Kulit Kakao (Theobroma Cacao) Dengan Metode SEM Dan XRD." *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya* 9(2): 89–98.

EPA (2000) 'N,N-Dimethylformamide 68-12-2', N,N-Dimethylformamide 68-12-2. United states environmental protection, (1), Pp.1–4, 1, pp. 1–4.

Fadli, M. dkk. (2021) ‘Karakteristik Membran Komposit Polietersulfon, Polivinilpirolidon dan Kitosan’, Jurnal Serambi Engineering, 6(4), pp. 2310–2319. Available at: https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3476.

Fathanah, U. dkk. (2022) ‘Modifikasi Membran Polyethersulfone dengan Penambahan Nanopartikel Mg(OH)2 dalam Pelarut Dimethyl Sulfoxide’, ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia, 18(2), p. 165. Available at: https://doi.org/10.20961/alchemy.18.2.58248.165-173.

Fathanah, U., Machdar, I., Riza, M., Rahman, N.A., Rahmah Lubis, M., Qibtiyah, M., Jihannisa, R., Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala Jln Tgk Hasan Krueng Kalee, J., Darussalam, K., Syiah Kuala, K., 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polyethersulfone (PES)-Kitosan Secara Blending Polimer. Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe 3.

Fazal, M.R. and Mataram, A. (2023) ‘Polyvinylidene Fluoride Membranes With Tin (Iv) Dioxide (Sno2) Additives: Enhancing Water Treatment for Airport Eco Green’, Journal of Airport Engineering Technology (JAET), 3(2), pp. 68–74. Available at: https://doi.org/10.52989/jaet.v3i2.100.

Garcia-Ivars, J., Iborra-Clar, M.I., Alcaina-Miranda, M.I., Mendoza-Roca, J.A., Pastor-Alcañiz, L., 2014. Development of fouling-resistant polyethersulfone ultrafiltration membranes via surface UV photografting with polyethylene glycol/aluminum oxide nanoparticles. Separation and Purification Technology 135, 88–99. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.07.056

Hebrant, M. (2016) ‘ Hawley’s Condensed Chemical Dictionary. Sixteenth Edition . By M. D. Larrañaga, R. J. Lewis Sr & R. A. Lewis. Wiley, 2016. Hardback, Pp. XIII+1547. Price GBP 96.78. ISBN 9781118135150. ’, Acta Crystallographica Section C Structural Chemistry, 72(10), pp. 765–765. Available at: https://doi.org/10.1107/s2053229616013978.

Herlambang, A. (2018) ‘Pencemaran Air Dan Strategi Penggulangannya’, Jurnal Air Indonesia, 2(1), pp. 16–29. Available at:

https://doi.org/10.29122/jai.v2i1.2280.

Hikmawan, F.R. dkk. (2020) 'Teknologi Membran Untuk Pengolahan Emulsi Minyak: Review', Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL), 2(2), pp. 25–32. Available at: https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.348.

Kang, G. dong and Cao, Y. ming (2014) 'Application and modification of poly(vinylidene fluoride) (PVDF) membranes - A review', Journal of Membrane Science, 463, pp. 145–165. Available at: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.03.055.

Kuswandini dkk. (2019) 'Bab 1 pendahuluan', Pelayanan Kesehatan, 2016(2014), pp. 1–6. Available at: http://library.oum.edu.my/repository/725/2/Chapter_1.pdf.

Li, C. dkk. (2018) 'Enhanced treatment ability of membrane technology by integrating an electric field for dye wastewater treatment: A review', Journal of AOAC International, 101(5), pp. 1341–1352. Available at: https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0050.

Liu, W., Chen, C. and Zhou, P. (2017) 'N,N-Dimethylformamide (DMF) as a Source of Oxygen to Access α-Hydroxy Arones via the α-Hydroxylation of Arones', Journal of Organic Chemistry, 82(4), pp. 2219–2222. Available at: https://doi.org/10.1021/acs.joc.6b02751.

Madaeni, S.S., Zinadini, S. and Vatanpour, V. (2011) 'A new approach to improve antifouling property of PVDF membrane using in situ polymerization of PAA functionalized TiO2 nanoparticles', Journal of Membrane Science, 380(1–2), pp. 155–162. Available at: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2011.07.006.

Mataram, A. dkk. (2020) 'Fabrication membrane of titanium dioxide (Tio2) blended polyethersulfone (pes) and polyvinilidene fluoride (pvdf): Characterization, mechanical properties and water treatment', Key Engineering Materials, 867 KEM, pp. 159–165. Available at: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.867.159.

Mataram, A. dkk. (2024) 'Analysis of Characteristics of Water Treatment Membranes From Polyethersulfone Materials With the Addition of Silver Nitrate', 16(1).

Mulder, M. (1996) Basic principles of Membrane Technology, second. ed. Netherland: Kluwer Academic Publisher.

Nasution, J.D. dkk. (2023) 'Seminar Nasional AVoER 15 Palembang , 10 – 11 Oktober 2023 Pengolahan Air Bekas Laundry Menggunakan Membrane Dan Media', pp. 10–11.

National Standardization Agency of Republic Indonesia, 2024. SNI 9268:2024-Standard test method for tensile properties of plastics (ASTM D638-22, IDT) 3.

Nugroho, A. dkk. (2015) 'Studi Metode Penambahan Perak Nitrat Pada Saringan Keramik Terhadap Escherichia Coli Pada Air Minum', Jurnal Kesehatan Masyarakat, 10(2), p. 230. Available at: https://doi.org/10.15294/kemas.v10i2.3386.

Of, A., Nanofibers, E., (2015). Jurnal Teknologi WATER TREATMENT. 1 263–267.

Rajesh, S. dkk. (2013) 'Preparation and performance evaluation of poly (amide-imide) and TiO2 nanoparticles impregnated polysulfone nanofiltration membranes in the removal of humic substances', Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 418, pp. 92–104. Available at: https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2012.11.029.

Ramadhan, L. O. A. ., Sabarwati, S. H., Amiruddin, A., Harniati, H., & Susanti, S. (2014). Sifat Mekanik Membran Berbasis Paduan Kitosan Suksinat-Kitosan Terinsersi Litium. Jurnal Kimia dan Kemasan, 36(2), 259. https://doi.org/10.24817/jkk.v36i2.1893

Ramadhanis, M. (2021) 'analisa karakteristik membran pengolahan air dari bahan polyethersulfone (PES) dengan pencampuran dioxide (TiO2)', Tesis Magister Teknik Mesin [Preprint]. Available at: https://repository.unsri.ac.id/50084/.

Ristian, I. dkk. (2014) ‘Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat Terhadap Ukuran Partikel Pada Sintesis Nanopartikel Perak’, Indonesian Journal of Chemical Science, 3(1), pp. 8–11. Available at: http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs.

Setiawan, D.A., Argo, B.D. and Hendrawan, Y. (2015) ‘Pengaruh Konsentrasi dan Preparasi Membran Terhadap Karakterisasi Membran Kitosan The Effect of Concentration and Membrane Preparation Toward The Chitosan Membrane Characterization’, 3(1), pp. 95–99.

Malik, Daffa Abdul. 2023. “Pengaruh Variasi Massa Logam Perak Pada Ekstraksi Perak Nitrat ($AgNO_3$) dengan Menggunakan Metode Reduksi Kimia Evaporasi.” Aleph 87(1,2): 149–200.

Vatanpour, V. dkk. (2012) ‘TiO 2 embedded mixed matrix PES nanocomposite membranes: Influence of different sizes and types of nanoparticles on antifouling and performance’, Desalination, 292, pp. 19–29. Available at: https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.02.006.

Wenten, I.. dkk. (2010) ‘Pengantar Teknologi Membran’, Diktat Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, (January 2016), pp. 2017–2018.

Zhao, S. dkk. (2015) ‘Improving permeability and antifouling performance of polyethersulfone ultrafiltration membrane by incorporation of ZnO-DMF dispersion containing nano-ZnO and polyvinylpyrrolidone’, Journal of Membrane Science, 478, pp. 105–116. Available at: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.12.050.