

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIS
PEMBENTUKAN MEMBRAN
POLYETHERSULFONE DENGAN
PENCAMPURAN SILVER NITRATE**



Oleh:

EJI TABRANI

03051282025030

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIS
PEMBENTUKAN MEMBRAN
POLYETHERSULFONE DENGAN
PENCAMPURAN SILVER NITRATE**

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



**OLEH
EJI TABRANI
03051282025030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIS
PEMBENTUKAN MEMBRAN POLYETHERSULFONE
DENGAN PENCAMPURAN SILVER NITRATE**

SKRIPSI

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

Oleh:

EJI TABRANI

03051282025030

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



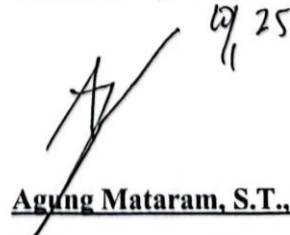
Prof. Amir., S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.

NIP. 197909272003121004

Indralaya, Desember 2024

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi



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

NIP. 197901052003121002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 415/TM/Ar/2024
: 16 Januari 2025
:

SKRIPSI

NAMA : EJI TABRANI
NIM : 03051282025030
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIS
PEMBENTUKAN MEMBRAN
POLYETHERSULFONE DENGAN
PENCAMPURAN SILVER NITRATE

DIBUAT TANGGAL : 4 SEPTEMBER 2023
SELESAI TANGGAL : 20 OKTOBER 2024

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

NIP. 197909272003121004

Indralaya, 15 Desember 2024

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi



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

NIP. 197901052003121002

HALAMAN PERSETUJUAN

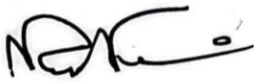
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Karakteristik Dan Sifat Mekanis Pembentukan Membran Polyethersulfone Dengan Pencampuran Silver Nitrate” telah dipertahankan di hadapan Tim penguji karya tulis ilmiah Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal Desember 2024.

Indralaya, Desember 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi:

Ketua:

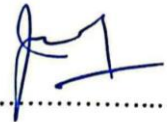
1. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001


(.....)

Anggota:

2. Qomarul Hadi, S.T., M.T.
NIP. 196902131995031001
3. Gunawan, S.T., M.T.
NIP. 197705072001121001


(.....)


(.....)

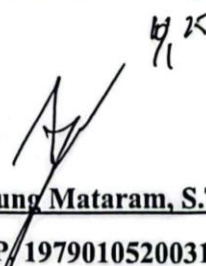
Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.
NIP. 197909272003121004

Dosen Pembimbing


Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas dengan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul “Karakteristik dan Sifat Mekanis Pembentukan Membran Polyethersulfone Dengan Pencampuran Silver Nitrate.”

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak berkeja sendirian. Akan tetapi dapat bantuan serta dukungan dari orang-orang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak Khairil Anwar dan Ibu Siti Hodijah yang telah merawat dan membesarkan saya dengan penuh kasih sayang sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ir.Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D. selaku dosen pembimbing saya yang membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP. Selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Dosen-dosen serta staff Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat selama menyusun skripsi ini.
5. Rizkiya Mifturrahma yang membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam dunia Pendidikan dan industri.

Indralaya , 15 Desember 2024



Eji Tabrani
NIM 03051282025030

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eji Tabrani

NIM : 03051282025030

Judul : Karakteristik Dan Sifat Mekanis Pembentukan Membran
Polyethersulfone Dengan Pencampuran Silver Nitrate

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.

Indralaya, 15 Desember 2024



Eji Tabrani
03051282025030

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eji Tabrani

NIM : 03051282025030

Judul : Karakteristik Dan Sifat Mekanis Pembentukan Membran Polyethersulfone Dengan Pencampuran Silver Nitrate

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.



Indralaya, 15 Desember 2024



Eji Tabrani
03051282025030

RINGKASAN

KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIS PEMBENTUKAN MEMBRAN POLYETHERSULFONE DENGAN PENCAMPURAN SILVER NITRATE

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 15 Desember 2024

Eji Tabrani, dibimbing oleh Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D xxvii + 41 Halaman, 3 Tabel, 15 Gambar, 2 Lampiran

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan membran yang dapat meningkatkan penyediaan air bersih, terutama di daerah yang kekurangan sumber air. Penelitian ini berfokus pada penggunaan Polyethersulfone (PES) sebagai bahan pembuatan membran karena sifat mekanik dan stabilitas termalnya yang baik, serta penambahan Silver Nitrate (AgNO_3) untuk meningkatkan kinerja membran dalam penyaringan air. Tujuan dari penelitian ini meliputi pengembangan membran dengan campuran PES dan AgNO_3 , analisis ketahanan membran melalui modifikasi permukaan menggunakan metode Electric Field, serta analisis struktur mikro dan tegangan tarik maksimum membran.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pencampuran PES, DMF, dan AgNO_3 dengan variasi konsentrasi, diikuti dengan pengujian menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), uji tarik, dan Clean Water Permeability (CWP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran dengan konsentrasi AgNO_3 1,5% memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 5,861 MPa, sedangkan konsentrasi 2,5% menunjukkan kekuatan tarik terendah sebesar 2,477 MPa. Kinerja CWP juga menunjukkan penurunan fluks seiring dengan peningkatan konsentrasi AgNO_3 , dengan fluks tertinggi pada konsentrasi 1,5% mencapai 4,422 L/m².h.bar. Pengamatan SEM mengungkapkan bahwa membran

dengan konsentrasi 1,5% memiliki ukuran pori yang lebih besar dan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan konsentrasi 2,5% yang menunjukkan adanya aglomerasi.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penambahan AgNO₃ pada membran PES dapat mempengaruhi sifat mekanik dan kinerja membran dalam penyaringan air, di mana konsentrasi AgNO₃ yang lebih tinggi cenderung menurunkan kekuatan tarik dan efisiensi penyaringan membran. Modifikasi permukaan dengan Electric Field terbukti efektif dalam membantu pembentukan pori yang lebih baik pada membran. Sebagai saran, disarankan untuk menggunakan konsentrasi AgNO₃ 1,5% untuk hasil yang optimal, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi kemampuan antibakteri dari membran yang dihasilkan.

Kata kunci : Membran Polyethersulfone (PES), Silver Nitrate (AgNO₃), Clean Water Permeability (CWP)

Kepustakaan : 14

SUMMARY

CHARACTERISTICS AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYETHERSULFONE MEMBRANE FORMATION WITH SILVER NITRATE BLENDING

Scientific paper in the form of undergraduate thesis, December 15, 2024

Eji Tabrani, supervised by Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D xxvii + 41 Pages, 3 Tables, 15 Figures, 2 Attachments

This research aims to develop a membrane that can improve clean water supply, especially in areas that lack water sources. This research focuses on the use of Polyethersulfone (PES) as a membrane manufacturing material due to its good mechanical properties and thermal stability, as well as the addition of Silver Nitrate (AgNO_3) to improve membrane performance in water filtration. The objectives of this study include the development of membranes with a mixture of PES and AgNO_3 , analysis of membrane durability through surface modification using the Electric Field method, and analysis of the microstructure and maximum tensile stress of the membrane.

The methodology used in this study involved mixing PES, DMF, and AgNO_3 with varying concentrations, followed by testing using Scanning Electron Microscope (SEM), tensile test, and Clean Water Permeability (CWP). The results showed that the membrane with 1.5% AgNO_3 concentration had the highest tensile strength of 5.861 MPa, while the 2.5% concentration showed the lowest tensile strength of 2.477 MPa. CWP performance also showed a decrease in flux as the AgNO_3 concentration increased, with the highest flux at a concentration of 1.5% reaching 4.422 L/m².h.bar. SEM observations revealed that the membrane with a concentration of 1.5% had a larger pore size and smoother surface compared to the 2.5% concentration indicating agglomeration.

The conclusion of this study is that the addition of AgNO₃ to PES membrane can affect the mechanical properties and performance of the membrane in water filtration, where higher concentration of AgNO₃ tends to decrease the tensile strength and filtration efficiency of the membrane. Surface modification with Electric Field proved to be effective in assisting better pore formation on the membrane. As a suggestion, it is recommended to use 1.5% AgNO₃ concentration for optimal results, and further research is needed to evaluate the antibacterial ability of the resulting membrane.

Keywords: Polyethersulfone (PES) Membrane, Silver Nitrate (AgNO₃), Clean Water Permeability (CWP)

Literature: 14

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xv
RINGKASAN.....	xvii
SUMARRY	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	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Membran	5
2.2 Bahan Membran.....	5
2.2.1 <i>Polyethersulfone</i> (PES).....	6
2.2.2 <i>N.N- Dimethylformamide</i> (DMF).....	7
2.2.3 <i>Silver Nitrat</i> (AgNO ₃).....	8
2.3 Pengujian Membran	9
2.3.1 Modifikasi Permukaan	9
2.3.2 Analisa Karakteristik.....	9
2.3.2.1 Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM)	10
2.3.2.2 Uji Tarik.....	11
2.3.2.3 <i>Clean Water permeability</i> (CWP).....	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15

3.1	Diagram Alir Penelitian	15
3.2	Alat dan Bahan	16
3.3	Persiapan Membran.....	16
3.3.1	Persiapan Proses Pencampuran	17
3.3.2	Metode Cetakan (<i>Flatsheet</i>)	17
3.4	Metode Pengujian Membran	18
3.4.1	Scanning Elektron Microscope (SEM).....	18
3.4.2	Pengujian Tarik	19
3.4.3	<i>Clean Water Permeability (CWP)</i>	20
3.5	Hasil Ynag DIharapkan.....	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Hasil Pengujian	23
4.1.1	Pengujian Tarik	23
4.1.2	Hasil Pengujian Clean Water Permeability	24
4.1.3	Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM)	26
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA		33
LAMPIRAN		37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Polyethersulfone</i>	7
Gambar 2.2 <i>N,N Dimethylformamide</i>	8
Gambar 2.3 <i>Silver nitrat</i>	9
Gambar 2.5 Uji Tarik (Raheem,2020).....	11
Gambar 2.6 6 ASTM D638 Type IV (Raheem, 2020.)	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Ilustrasi Pencetakan Proses Pembuatan Membran	18
Gambar 3.3 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	19
Gambar 3.4 Alat Pengujian Tarik.....	19
Gambar 3.5 Alat <i>Clean Water Permeability (CWP)</i>	20
Gambar 4.1 Grafik Tegangan Tarik Rata-Rata Tiap Komposisi.....	24
Gambar 4.2 Grafik <i>fluks</i> volume membran rata-rata pada tiap komposisi.....	26
Gambar 4.3 Hasil SEM Membran PES 30wt% @AgNO ₃ 1,5wt% (a) <i>Cross-section</i> (b) Struktur permukaan.	27
Gambar 4.4 Hasil SEM Membran PES 30wt% @AgNO ₃ 2,5wt% (a) <i>Cross-section</i> (b) Struktur permukaan.	28

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Membran	17
Tabel 4.1 Data Uji Tarik.....	24
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Fluks Membran.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Kegiatan.....	37
lampiran 2 Lampiran Perhitungan Komposisi Larutan	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semua makhluk hidup membutuhkan air, termasuk manusia. Banyak wilayah memiliki sumber air yang tidak memadai, hal ini menimbulkan masalah saat terjadinya musim kemarau. Saat musim kemarau tiba, sangat mudah terjadinya kontaminasi air laut oleh air tanah. Ciri tersebut disebut dengan intrusi, dimana air tanah mengandung garam klorida serta *TDS (Total Dissolved Solid)* dengan angka besar yakni $TDS > 3000$ ppm, baik air tanah atau air permukaan (Mirwan dkk., 2020). Untuk mengatasi permasalahan air ini salah satunya kita bisa memanfaatkan teknologi membran yang relative terjangkau.

Saat ini, teknologi membrane telah berkembang dan diterapkan dalam beragam sektor pada industri pengolahan air bersih dan limbah yang digunakan untuk kebutuhan sanitasi, konsumsi air minum, dan proses industri. (Mirwan dkk., 2018). Dengan teknologi membran memungkinkan pasokan air bersih untuk jutaan manusia di seluruh dunia. Teknologi membran telah maju pesat dan memainkan peran krusial dalam berbagai industri yang berfokus pada pemisahan dan pemurnian (Mirwan dkk., 2020). Sifat penting separasi dengan membran yang membedakannya dengan teknik pemisahan lain adalah kemampuan untuk mengontrol laju dan kualitas permeasi dari larutan yang mau dipisahkan melalui pengondisian ukuran pori membran.

Terdapat berbagai zat adiktif polimer untuk pembuatan membran, mulai dari yang sangat mahal hingga murah. Dalam uji ini, pembuatan membrane jadi persoalan karena memakai bahan polimer murah, tetapi dapat dimodifikasi untuk memperoleh kualitas membrane yang diinginkan. Polyethersulfone (PES) yakni bahan polimer lazimnya dipakai dalam pembuatan membrane asimetris, karena kinerjanya optimal, sifat mekanik kuat, stabilitas termal tinggi, serta kekuatan yang hebat terhadap klorin serta bahan kimia berbahaya. Selain itu, PES juga

memiliki fleksibilitas untuk dibentuk dalam berbagai konfigurasi modul. (Arifin dkk., 2023).

Dimethylformamide (DMF) didefinisikan pelarut polar protik yang terkenal, ekonomis, dipakai sebagai pelarut beragam proses organik (Wang dkk., 2023). Perak Nitrat (AgNO_3) digunakan sebagai ide dalam penyediaan air bersih. Mekanismenya dalam mematikan bakteri terjadi ketika perak menempel pada membrane sel bakteri, yang mengakibatkan pembesaran sel dan menyebabkan kematian bakteri. Pencampuran perak nitrate pada membrane filtrasi air bertujuan untuk mendapatkan bakteri coliform terikat (Prajapati dkk., 2023)

Electric field yang diberikan pada sistem pemisahan membrane untuk elektroseparasi dapat menghasilkan dua kekuatan pendorong tekanan gradien dari pemisahan membran dan elektroforesis gaya yang diinduksi oleh medan listrik. Penerapan keduanya proses fisik dapat menyebabkan partikel pewarna bermuatan bergerak masuk dan keluar dari membran untuk transportasi partikel dan proses pemisahan, yang berhasil dapat mengurangi tingkat polarisasi konsentrasi serta menanggulangi penumpukan kotoran pada permukaan membrane (Mirwan dkk., 2018).

Pendekatan penelitian dipusatkan pada modifikasi membrane dimulai dari permukaan membran, fitur membran, sifat mekanik, serta performa pengolahan air. Pembentukan membrane menggunakan metode medan listrik. Analisis karakteristik membrane menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), sementara kinerja dalam pengolahan air diuji dengan *pengujian Clean Water Permeability* (CWP), dan sifat mekanik membran diuji dengan uji tarik.

Pengujian dasar pada membrane Polyethersulfone bertujuan mengevaluasi ketahanan mekanik bahan yang digunakan dalam filtrasi air. Modifikasi permukaan membrane dilakukan dengan teknik medan listrik. Analisis karakteristik dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), sementara kinerja membran dalam pengolahan air diuji melalui *Clean Water Permeability* (CWP), dan sifat mekanis diuji dengan pengujian tegangan tarik.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penulis memilih untuk mengambil topik tugas akhir/skripsi : “KARAKTERISTIK DAN SIFAT MEKANIS

PEMBENTUKAN MEMBRAN POLYETHERSULFONE DENGAN PENCAMPURAN SILVER NITRATE”

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pemanfaatan polimer Polyethersulfone sebagai bahan baku pembuatan membran dengan penambahan Perak Nitrat serta permukaan membran dimodifikasi menggunakan teknik Electric Field ?.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah.

1. Polimer diterapkan menggunakan Polyethersulfone (PES) dengan komposisi 30%.
2. Penambahan zat aditif silver nitrat (AgNO_3) rasio 1,5 %; 2 % dan 2.5%.
3. Pelarut yang diterapkan menggunakan N,N-Dimethylformamide (DMF)
4. Spesimen dirancang dengan bentuk datar
5. Membran dibuat melalui proses pengadukan selama 8 jam pada suhu sekitar 40°C
6. Proses pengadukan tidak memperhitungkan kecepatan
7. Pengujian dilakukan terbagi menjadi Scanning Electron Microscopy (SEM), pengujian tarik, dan Clean Water Permeability (CWP)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Perancangan membrane memakai gabungan dari polyethersulfon (PES) dan silver nitrate (AgNO_3)
2. Menganalisa ketahanan membrane melalui modif permukaan membrane dengan metode Electric Field serta menentukan Clean Water Permeability

3. Memeriksa pola mikro membrane yang terjadi.
4. Memeriksa tegangan tarik maksimal membrane

DAFTAR PUSTAKA

- A, N.S.A., B, H.A.A., C, R.A.P., Alghamdi, S.M., 2023. Peningkatan sifat optik dan listrik polimer sulfon dengan penambahan NP Li₄Ti₅O₁₂ 1177–1188.
- An, Y., Du, L., Dai, W., Zhang, K., Wang, Y., Guo, W., 2024. Study on the pore blocking characteristics and cleaning methods of permeable asphalt mixtures based on accelerated clogging simulation experiments. *Case Studies in Construction Materials* 21, e03438.
- Angersbach, A., Heinz, V., Knorr, D., 2000a. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 1, 135–149.
- Angersbach, A., Heinz, V., Knorr, D., 2000b. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
- Chen, X., Jia, H., Zhan, Y., Zhu, F., Duan, X., Liu, J., Li, L., Li, Y., 2024. Polyphenol assisted assembly of prussian blue analogs nanocrystals decorated 3D GO functional microspheres for polymer fiber bifunctional membrane with high oil-water emulsion permeability and powerful photocatalytic self-cleaning ability. *Journal of Water Process Engineering* 66, 105983.
- Espiritu, R., Mamlouk, M., Scott, K., 2016. Study on the effect of the degree of grafting on the performance of polyethylene-based anion exchange membrane for fuel cell application. *International Journal of Hydrogen Energy* 41, 1120–1133.
- Hadi, T., Lc, W., Puspo, Y., Kimia, J.T., Teknik, F., Diponegoro, U., Sudharto, J.P., Fax, T., Tutuk, P., Kusworo, D., Eng, M., n.d. Studi Karakterisasi Polyimide Membranes , Polyethersulfone – Polyimide Composite Membranes , Dan Polyethersulfone – Zeolite Mixed Matrix Membranes

Untuk Pemurnian Biogas 1–11.

Handoyo, M.A., 2019. BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. 1, 5–24.

Khanduri, P., Panwar, V., Mohanty, S., 2021. Analysis of PVDF/AgNO₃conductive membrane. *Materials Today: Proceedings* 46, 11002–11006.

Lee, K.P., Arnot, T.C., Mattia, D., 2011. A review of reverse osmosis membrane materials for desalination-Development to date and future potential. *Journal of Membrane Science* 370, 1–22.

Li, C., Zhang, M., Song, C., Tao, P., Sun, M., Shao, M., Wang, T., 2018. Enhanced treatment ability of membrane technology by integrating an electric field for dye wastewater treatment: A review. *Journal of AOAC International* 101, 1341–1352.

Lingappan, N., Lee, W., Passerini, S., Pecht, M., 2023. A comprehensive review of separator membranes in lithium-ion batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 187, 113726.

Mataram, A., Nasution, S., Wijaya, M.L., Septano, G.D., 2017. Physical and mechanical properties of membrane Polyacrylonitrile. *MATEC Web of Conferences* 101, 1–5.

Mazumder, A., Chowdhury, Z., Sen, D., Bhattacharjee, C., 2020. Electric field assisted membrane separation for oily wastewater with a novel and cost-effective electrocoagulation and electroflotation enhanced membrane module (ECEFMM). *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification* 151, 107918.

Mirwan, A., Indriyani, V., Novianty, Y., 2018. Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer Selulosa Asetat Dengan Metode Inversi Fasa. *Konversi* 6, 11.

Mirwan, A., Wicakso, D.R., Ghofur, A., Nata, I.F., 2020. Aplikasi membran ultrafiltrasi termodifikasi untuk penyediaan air bersih layak konsumsi di

- Desa Jambu Burung Kalimantan Selatan. Buletin Profesi Insinyur 3, 29–32.
- Mulder, M., 1996. Basic principles of Membrane Technology, second. ed. Kluwer Academic Publisher, Netherland.
- Mun, J., Potemkin, D., Jang, H., Park, S., Mick, S., Petrovic, C., Cheong, S.W., Han, M.G., Zhu, Y., 2024. Atomic resolution scanning transmission electron microscopy at liquid helium temperatures for quantum materials. *Ultramicroscopy* 267, 114039.
- Prajapati, R.K., Kumar, H., Saroj, A.L., 2023. Formation of silver particles in [PVA:CS:PEG]-AgNO₃ based biopolymer electrolyte membranes: Structural and electric transport properties study. *Physica B: Condensed Matter* 662, 414962.
- Rems, L., Kasimova, M.A., Testa, I., Delemotte, L., 2020. Pulsed Electric Fields Can Create Pores in the Voltage Sensors of Voltage-Gated Ion Channels. *Biophysical Journal* 119, 190–205.
- Rohmatullah, N., 2022. PEMBUATAN MEMBRAN POLYETHERSULFONE (PES) DENGAN PENGUAT TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂) UNTUK APLIKASI PENGOLAHAN AIR. Tesis Magister Teknik Mesin.
- Salindeho, R.D., Soukota, J., Poeng, R., 2018. Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* 2, 88–98.
- Saulis, G., 2010. Electroporation of cell membranes: The fundamental effects of pulsed electric fields in food processing. *Food Engineering Reviews* 2, 52–73.
- Wang, R., You, H., Li, Z., Xie, B., Qi, S., Zhu, J., Qin, Q., Wang, H., Sun, J., Ding, Y., Jia, Y., Liu, F., 2023. A novel reduced graphene oxide/polypyrrole conductive ceramic membrane enhanced electric field membrane bioreactor: Mariculture wastewater treatment performance and membrane fouling mitigation. *Bioresource Technology* 376, 128917.

Wang, Yanzhi, Qiao, P., Sun, J., Chen, A., Yuan, D., Wang, Yangchen, 2024. Influence of surface treatments and test methods on tensile strength of UHPC-NC interface bond. *Construction and Building Materials* 456, 139051.

Zhang, J., Yu, J., Wei, X., Zhou, K., Niu, W., Wei, Y., Zhao, C., Chen, G., Jin, F., Song, K., 2024. A soft scanning electron microscopy for efficient segmentation of alloy microstructures based on a new self-supervised pre-training deep learning network. *Materials Characterization* 218, 114532.