

SKRIPSI
KARAKTERISTIK MEMBRAN *POLYETHERSULFONE*
DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA TERHADAP
PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KINERJA
PENGOLAHAN AIR



STEPHEN HERMAN

03051381621107

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

SKRIPSI
KARAKTERISTIK MEMBRAN *POLIETHERSULFONE*
DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA TERHADAP
PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KINERJA
PENGOLAHAN AIR

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



STEPHEN HERMAN

03051381621107

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK MEMBRAN *POLIETHERSULFONE*
DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA
TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO
DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**STEPHEN HERMAN
03051381621107**



**Mengetahui,
& Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP.197112251997021001**

Palembang, Desember 2019

Pembimbing,

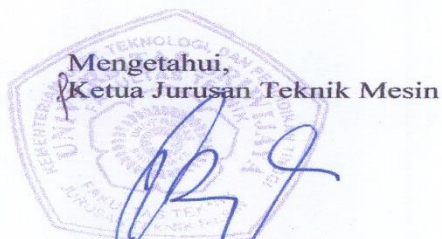
**Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

Nama : STEPHEN HERMAN
NIM : 03051381621107
Jurusan : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : KARAKTERISTIK MEMBRAN
POLIETHERSULFONE DENGAN PENAMBAHAN
TITANIUM DIOXIDA TERHADAP PENGUJIAN
TARIK, STRUKTUR MIKRO, DAN KINERJA
PENGOLAHAN AIR
Dibuat Tanggal : JULI 2019
Selesai Tanggal : DESEMBER 2019

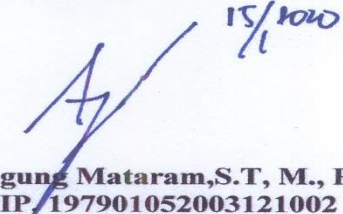


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yanti, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Palembang, Desember 2019

Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing


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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “**Karakteristik Membran Polioethersufone Dengan Penambahan Titanium Dioxida Terhadap Pengujian Tarik, Struktur Mikro Dan Kinerja Pengolahan Air**” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Desember 2019

Palembang, 28 Desember 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. **Dr. Muhammad Yanis, S.T, M.T**
NIP. 197002281994121001


(.....)


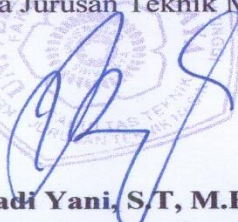
Anggota :

2. **Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D**
NIP.197112251997021001
3. **Dr. Hendri Chandra, M.T**
NIP. 196004071990031003

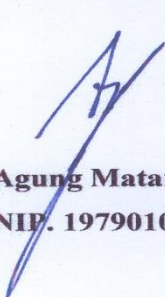

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.
NIP.19712251997021001

Pembimbing Skripsi


3/1/15
Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197901052003121002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “KARAKTERISTIK MEMBRAN *POLYETHERSULFONE* DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak berkerja sendirian, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait, antara lain:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya serta nikmat kesehatan dan keselamatan.
2. Kedua orang tua saya dan juga teman-teman yang selalu memberi semangat dan dukungan agar saya mampu menjalani perkuliahan dengan baik.
3. Bapak Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D yang merupakan pengajar sekaligus dosen pembimbing.
4. Ketua jurusan dan dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun skripsi ini.

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

Palembang, Desember 2019

Stephen Herman

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Stephen Herman

NIM : 03051381621107

Judul : Karakteristik Membran *Poliethersulfone* dengan Penambahan Titanium Dioxida Terhadap Pengujian Tarik, Struktur Mikro dan Kinerja Pengolahan Air.

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 ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang,

Desember 2019

Stephen Herman
NIM.

03051381621107

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nam : Stephen Herman

NIM : 03051381621107

Judul : Karakteristik Membran *Poliethersulfone* Dengan Penambahan Titanium Dioxida Terhadap Pengujian Tarik, Struktur Mikro dan Kinerja pengolahan Air

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya 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 aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2019



Stephen Herman

NIM. 03051381621107

RINGKASAN

KARAKTERISTIK MEMBRAN *POLYETHERSULFONE* DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR.

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, November 2019

Stephen Herman; Dibimbing oleh Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D

37 Halaman, 4 tabel, 15 gambar, 10 lampiran.

Membran merupakan suatu lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Pembuatan Membran ini menggunakan bahan polimer *Poliethersulfone* karena memiliki sifat tahan terhadap temperatur tinggi, toleransi pH yang luas, memiliki kekuatan mekanik dan kimia yang baik serta mudah dalam pembuatannya. Polimer ini berbentuk butiran bening dan kemudian dengan menggunakan *N,N-Dimethylformamide* yang digunakan sebagai pelarut karena memiliki sifat yang diinginkan seperti Volatilitas yang rendah, tidak mudah terbakar dan toksisitas yang rendah dan ditambahkan Titanium Dioxida sebagai zat aditif yang berguna sebagai pembersih bakteri. Pada pembuatan membran menggunakan tiga varisai campuran yaitu 22.5%, 25% dan 27.5% serta menggunakan metode cetakan *Flat Sheet* dimana menggunakan plat kaca datar dan isolasi sebagai cetakan membran untuk mencetak membran. Proses pembuatannya melibatkan proses *magnetic stirrer* selama 6 jam pada temperatur 40°C dengan tidak memperhatikan kecepatan putaran hingga campuran tersebut menjadi homogen. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian tarik dengan menggunakan *Adhesion Tearing Strenght Tester* untuk mengetahui daya tahan membrane pada saat diberikan beban tertentu, pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat ukuran dan bentuk pori pada membrane sehingga dapat mempengaruhi hasil dari pengujian tarik, kemudian pengujian kinerja pengolahan air dengan

menggunakan *Clean Water Permeability (CWP)* yang berguna untuk menentukan fluks air dimana fluks air ini adalah ukuran kecepatan suatu partikel yang melewati membrane per satuan waktu dan luas permukaan dan pada pengujian ini membrane diberikan tekanan 1 bar selama 1 jam sehingga dapat menghasilkan membrane yang memiliki pori yang stabil.

Kata Kunci : *Polyethersulfone, N,N-Dimethylformamide, Titanium dioxida, Flat Sheet, magnetic stirrer, uji tarik, uji struktur mikro, uji kinerja pengolahan air.*

SUMMARY

THE CHARACTERISTICS OF THE MEMBRANE OF *POLYETHERSULFONE* WITH THE ADDITION OF *TITANIUM DIOXIDE* TO THE TENSILE TEST, MICRO STRUCTURE AND THE PERFORMANCE OF WATER TREATMENT.

Scientific papers in the form of Undergraduate Thesis, Novemberth, 2019

Stephen Herman; Supervised by Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D

KARAKTERISTIK MEMBRAN *POLIETHERSULFONE* DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KIINERJA PENGOLAHAN AIR.

xiii + 30 Pages, 4 tables 16 picture, attachments.

The membrane is a thin layer between two fluid phases, namely the feed phase and the permeate phase which is a barrier to a particular species, which can separate substances of different sizes and limit the transport of various species based on their physical and chemical characteristics. The making of this membrane uses Polyethersulfone polymer material because it has high temperature resistant, wide pH tolerance properties, has good mechanical and chemical strength and is easy to manufacture. This polymer is in the form of clear granules and then by using N, N-Dimethylformamide which is used as a solvent because it has desirable properties such as low volatility, non-flammability and low toxicity and added Titanium Dioxide as an additive that is useful as a bacterial cleaner. In the manufacture of membranes using three variants of mixture that is 22.5%, 25% and 27.5% and using the Flat Sheet molding method which uses a flat glass plate and insulation as a membrane mold to print the membrane. The manufacturing process involves a magnetic stirrer process for 6 hours at a temperature of 40 ° C with no regard for rotation speed until the mixture becomes homogeneous. Tests conducted include tensile testing using Adhesion Tearing Strength Tester to determine membrane durability when given a certain load, microstructure testing using Scanning Electron Microscopy (SEM) to see the size and shape of pores on the membrane so that it can affect the results of the test pull, then test the performance of water treatment using Clean Water Permeability (CWP) which is useful to determine the water flux where the water flux is a measure of the speed of a particle that passes through the membrane per unit time and surface area and in this test the membrane is given a pressure of 1 bar for 1 hours so that it can produce membranes that have stable pores.

Key Words : *Polyethersulfone, N,N-Dimethylformamide, Titanium dioxide, Flat Sheet, magnetic stirrer, Tensile Test, Scanning Electron Microscopy, Clean Water Permeability.*

DAFTAR ISI

	Halaman
<u>Halaman Judul</u>	<u>i</u>
<u>Halaman Pengesahan</u>	<u>iii</u>
Halaman Pengesahan Agenda	v
<u>Halaman Persetujuan</u>	<u>vii</u>
Halaman Persetujuan Publikasi	ix
Halaman Persetujuan Integritas	xi
Ringkasan	xiii
Summary	xv
<u>Kata Pengantar</u>	<u>xvii</u>
<u>Daftar isi</u>	<u>xix</u>
<u>Daftar Gambar</u>	<u>xxi</u>
<u>Daftar Tabel</u>	<u>xxv</u>
Daftar Lampiran	xxvii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah.....	3
1.4	Tujuan Penelitian	3
1.5	Manfaat Penelitian	3
1.6	Metode Penelitian.....	4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Definisi Membran	5
2.2	Persiapan Bahan Polimer	6
2.2.1	Polyethersulfone (PES)	6
2.2.2	N,N-Dimethylformamide (DMF).....	7

2.2.3	Titanium dioxide (TiO ₂)	8
2.3	Pengujian Membran	8
2.3.1	Scanning Electron Microscopy (SEM)	9
2.3.2	Pengujian Tarik	9
2.3.3	Pengujian Clean Water Permeability (CWP)	10
2.4	Peta Rencana	11
BAB 3 METODE PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir Penelitian	13
3.2	Persiapan Membran	14
3.3	Alat dan Bahan	14
3.3.1	Persiapan Adukan	15
3.3.2	Metode Cetakan (Flat Sheet)	15
3.4	Metode Pengujian	16
3.4.1	Pengujian Tarik	16
3.4.2	Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)	17
3.4.3	Pengujian Clean Water Permeability (CWP)	18
3.5	Analisis dan Pengolahan Data	18
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pengujian	19
4.2	Pengujian Tarik	20
4.3	Pengamatan Scanning Electron Microscope	22
4.4	Kinerja Pengolahan air	24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	27
5.2	Saran	28
DAFTAR RUJUKAN		29
LAMPIRAN		31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Proses pemisahan pada membrane	5
2.2 <i>Poliethersulfone</i> (PES)	7
2.3 <i>N,N-Dimethylformamide</i> (DMF)	7
2.4 Titanium Dioxida (TiO ₂)	8
2.5 Prinsip Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i>	9
3.1 Diagram Alir Penelitian	13
3.2 Magnetik Stirrer	16
3.3 Alat uji tarik <i>Adhesion Tearing Strength Tester</i>	17
3.4 Alat Uji <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	17
3.5 Pengujian <i>Clean Water Permeability (CWP)</i>	18
4.1 Pada Saat Pengujian Tarik Membran <i>Polietersulfon</i>	19
4.2 Gafik kekuatan tarik pada membran <i>Polietersulfon</i>	21
4.3 SEM membran <i>Polietersulfon</i> konsentrasi 22,5%	22
4.4 SEM membran <i>Polietersulfon</i> konsentrasi 25%	23
4.5 SEM membran <i>Polietersulfon</i> konsentrasi 27,5%	23
4.2 Fluks Membran Campuran	25

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.2.1 Hasil Pengujian Tarik Membran <i>Polietersulfon</i> 22,5%	20
4.2.2 Hasil Pengujian Tarik Membran <i>Polietersulfon</i> komposisi 25 %	20
4.2.3 Hasil Pengujian Tarik Membran <i>Polietersulfon</i> komposisi 27,5 %	20
4.4 Hasil Perhitungan Fluks Air pada Membran	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran Perhitungan	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan akan kebutuhan air jernih dan dipengaruhi akan penurunan kualitas bahan baku air memacu kepada sebagian orang untuk menciptakan penemuan baru yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih. Teknologi baru pengolahan air bersih ini berdampak besar kepada teknologi membran yang merupakan proses pengolahan air kotor menjadi air bersih yang dapat menghasilkan kualitas yang baik dan juga dapat di konsumsi oleh masyarakat. Membran juga memiliki beberapa keunggulan dan salah satunya digunakan untuk proses pembuatan air minum di negara-negara. Membran ultrafiltrasi adalah jenis dari operasi pemisah membrane. (Mirwan, Indriyani and Novianty, 2018)

Ada beberapa polimer yang digunakan untuk membran ultrafiltrasi, salah satu bahan baku polimer yang sangat menarik untuk dikembangkan adalah *Polyethersulfone*. *Polyethersulfone* (PES) adalah material polimer yang sering digunakan untuk membran ultrafiltrasi. Polimer ini memiliki sifat tahan terhadap temperatur tinggi, toleransi pH yang luas, memiliki kekuatan mekanik dan kimia yang baik serta mudah dalam pembuatan (Xu and Alsalhy Qusay, 2004).

N,N-Dimethylformamide (DMF) digunakan sebagai pelarut tanpa pemurnian lebih lanjut, ini adalah pelarut yang kuat untuk *polyethersulfon*, karena memiliki sifat yang diinginkan seperti Volatilitas yang rendah, tidak mudah terbakar dan toksisitas yang rendah (EPA, 2000).

Titanium Dioxide (TiO₂) dalam penyediaan air bersih termasuk salah satu inovasi baru. Dengan menambahkan *Titanium Dioxide* pada membran filtrasi air

juga berfungsi untuk membunuh bakteri dan sebagai zat adiktif. (Ariyanto et al, 2015)

Metode pengujian yang dilakukan pada membran *polyethersulfone* ini dengan memodifikasi menggunakan metode *Flat Sheet*. Untuk analisa karakteristik dibantu dengan pengamatan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Sifat mekanik membran dilakukan pengujian Tarik serta kinerja pengolahan air dilakukan pengujian *Clean Water Permeability* (CWP).

Atas dasar tersebut penulis mencoba dan berusaha semaksimal mungkin untuk mengambil tugas akhir / skripsi : **“KARAKTERISTIK MEMBRAN POLYETHERSULFONE DENGAN PENAMBAHAN TITANIUM DIOXIDA TERHADAP PENGUJIAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, penelitian ini akan menggunakan membran polimer sebagai bahan baku utama pembuatan membran *polyethersulfone* dengan penambahan titanium dioxide kemudian memodifikasinya dengan metode *flat-sheet*. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik membran yang efektif dan efisien pada membran yang dibuat dilakukan dengan parameter pengujian yaitu pengujian Tarik dengan menggunakan *Adhesion Tearing Strength Test*, Kinerja pengolahan air dengan menggunakan *Clean Water Permeability* (CWP) dan struktur mikro dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain :

- a. Polimer yang digunakan yaitu *polyethersulfone* (PES)
- b. Pelarut yang digunakan yaitu *N,N-Dimethylformamide* (DMF)
- c. *Titanium dioxide* (TiO₂) pada membran filtrasi air sebagai zat adiktif.
- d. Variasi campuran *Polyethersulfone* (PES) untuk setiap spesimen yaitu 22.5%, 25%, 27.5%.
- e. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik, struktur mikro (SEM) dan permeabilitas air bersih / *clean water permeability* (CWP).
- f. Pencampuran antara PES, DMF dan TiO₂ tidak memperhatikan pengaruh kecepatan adukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Menghasilkan membran *Polyethersulfone* dengan penambahan Titanium Diodida (TiO₂) dan dapat mempelajari serta mengetahui sifat membran yang efektif dan efisien.
- b. Menganalisa tegangan tarik, struktur mikro dan permeabilitas pada membran *Polyethersulfone*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

- a. Sebagai referensi penelitian yang relevan dan dapat mempelajari serta mengetahui sifat membran yang efektif dan efisien.

- b. Mendeskripsikan kemampuan membran *poliethersulfon* melalui pengujian tarik dan struktur mikro.
- c. Menganalisa anti *fouling* pada membrane dengan menggunakan metode *Flat Sheet*.

1.6 Metode Penelitian

Penulis menggunakan beberapa sumber yang digunakan dalam proses pembuatan skripsi ini, yaitu:

- a. Literatur

Mempelajari dan mengambil data dari berbagai literatur, jurnal, referensi dan media elektronik.

- b. Studi Lapangan

Metode ini digunakan untuk mendapatkan data-data dilapangan seperti menguji dan mengambil data dilaboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

DAFTAR RUJUKAN

- Crick, C. R., Gibbins, J. A. and Parkin, I. P. (2013) 'Superhydrophobic polymer-coated copper-mesh; membranes for highly efficient oil–water separation', *Journal of Materials Chemistry A*, 1, pp. 5943–5948. doi: 10.1039/c3ta10636e.
- Ella Agustin Dwi Kiswanti and Pratapa, S. (2013) 'Sintesis Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Logam-Terlarut Asam', *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3(2), pp. 18–21.
- EPA (2000) 'N,N-Dimethylformamide 68-12-2', *N,N-Dimethylformamide 68-12-2. United states environmental protection*, (1), pp.1–4. Available at: (1), pp. 1–4.
- Mahdi, S. *et al.* (2017) 'Superhydrophobic dual layer functionalized titanium dioxide/polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene (TiO₂/PH) nanofibrous membrane for high flux membrane distillation Seyed', 537(April), pp. 140–150. doi: 10.1016/j.memsci.2017.05.039.
- Metode, S. *et al.* (2015) 'Jurnal Kesehatan Masyarakat TERHADAP Escherichia coli PADA AIR MINUM', 10(2), pp. 232–238.
- Mirwan, A., Indriyani, V. and Novianty, Y. (2018) 'Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer Selulosa Asetat Dengan Metode Inversi Fasa', *Konversi*, 6(1), p. 11. doi: 10.31213/k.v6i1.14.
- Nasrollahi, N. *et al.* (2018) *Preparation and characterization of a novel polyethersulfone (PES) ultrafiltration membrane modified with a CuO/ZnO nanocomposite to improve permeability and antifouling properties*, *Separation and Purification Technology*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.seppur.2017.10.034.
- Pan, Z. *et al.* (2019) 'Anti-fouling TiO₂ Nanowires Membrane for Oil/Water Separation: Synergetic Effects of Wettability and Pore Size Zihe', *Journal of Membrane Science*. Elsevier B.V., 572, pp. 596–606. doi: 10.1016/j.memsci.2018.11.056.
- Rahimpour, A. *et al.* (2010) 'Applied Surface Science The influence of sulfonated polyethersulfone (SPES) on surface nano-morphology and performance of polyethersulfone (PES) membrane', 256, pp. 1825–1831. doi: 10.1016/j.apsusc.2009.10.014.
- Redjeki, S. (2011) 'Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M) Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departement Pendidikan Nasional', *Proses Desalinasi Dengan Membran*, Direktorat, p. 215.
- Sujatno, A. *et al.* (2015) 'Studi Scanning Electron Microscopy(SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium', *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(November), pp.

44–50.

- Xu, Z.-L. and Alsahy Qusay, F. (2004) ‘Polyethersulfone (PES) hollow fiber ultrafiltration membranes prepared by PES/non-solvent/NMP solution’, *Journal of Membrane Science*. Elsevier, 233(1–2), pp. 101–111. doi: 10.1016/J.MEMSCI.2004.01.005.
- Chandra, H., Mataram, A. and Utami, N. (2019) ‘The characterization of mechanical property and fatigue life of betel-falm fiber composite as environmentally-friendly material’, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 620, p. 012119. doi: 10.1088/1757-899x/620/1/012119.