

TESIS

**PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE
FLUORIDE (PVDF) - TITANIUM DIOXIDE (TiO₂):
ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT MEKANIK
DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR**



**MAYA FATRIYANA
NIM. 03032681923003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

TESIS

**PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE
FLUORIDE (PVDF) - TITANIUM DIOXIDE (TiO₂):
ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT MEKANIK
DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik**



**MAYA FATRIYANA
NIM. 03032681923003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF)-TITANIUM DIOXIDE (TiO₂) : ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT MEKANIK DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR

TESIS

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

Oleh p:

MAYA FATRIYANA
NIM. 03032681923003

Palembang, 12 Juni 2021

Menyetujui
Pembimbing I



Agung Mataram ST. MT. Ph.D
NIP. 197112251997021001

Pembimbing II



Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Mengetahui,
Dekan, Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) - TITANIUM DIOXIDE (TiO₂): ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT MEKANIK DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 03 Juni 2021.

Palembang, 03 Juni 2021

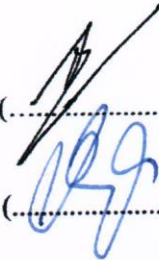
Pembimbing:

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

NIP. 197901052003121002

2. . Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 197112251997021001

(.....)

(.....)

Tim Penguji :

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

NIP 195903211987031001

2. Dr. Ir Hendri Chandra., M.T

NIP. 196004071990031003

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

NIP 197909272003121004

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



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

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

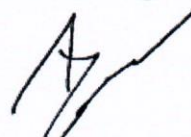
TESIS

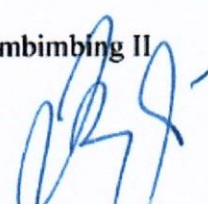
NAMA : MAYA FATRIYANA
NIM : 03032681923003
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : TEKNIK MATERIAL DAN
MANUFAKTUR
JUDUL : PEMBUATAN MEMBRAN
POLYVINYLIDENE FLUORIDE
(PVDF) - TITANIUM DIOXIDE
(TiO₂): ANALISA
KARAKTERISTIK, SIFAT
MEKANIK DAN KINERJA
PENGOLAHAN AIR
DIBUAT TANGGAL : 1 FEBRUARI 2021
SELESAI TANGGAL : 03 JUNI 2021

Palembang, 03 Juni 2021

Menyetujui
Pembimbing I

Pembimbing II


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


Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maya Fatriyana

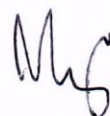
NIM : 03032681923003

Judul : PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) -
TITANIUM DIOXIDE (TiO₂): ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT
MEKANIK 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, 03 Juni 2021



Maya Fatriyana
NIM. 03032681923003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maya Fatriyana

NIM : 03032681923003

Judul : PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) -
TITANIUM DIOXIDE (TiO₂): ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT
MEKANIK DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis 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, 03 Juni 2021



Maya Fatriyana
NIM. 03032681923003

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pertama, penulis mengucapkan syukur dan berterimakasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugrah-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini, adapun pihak tersebut:

1. Keluarga Penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan materi serta doanya yang tulus membimbing, mengarahkan, mendidik dan memotivasi penulis dari awal hingga selesainya tesis.
2. Bapak. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Prodi Magister S2 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sekaligus Dosen Pembimbing yang dengan ikhlas dan tulus telah membimbing, mengarahkan, mendidik, memotivasi serta banyak memberikan sarana kepada penulis dari awal hingga selesainya tesis ini.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya sekaligus menjadi pembimbing kedua yang memberikan bimbingan serta arahan dalam ruang lingkup Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Prof. Ir. Nukman, M.T., Bapak Dr. Ir. Hendri Candra, M.T., dan Bapak Amir Arifin, ST., M.Eng., Ph.D. selaku penguji dalam tesis ini yang juga telah memberikan bimbingan serta arahan dalam penyelesaian tesis ini.
5. Pak Agung Kristian selaku Staf Administrasi Prodi S2 Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
6. Mareta Ramadhanis, Pak Herik Henci Agrisa, Aditya Reza Haswendra, Mas Yudianto, dan Kak Lughantha Perkasa sebagai rekan kuliah yang telah banyak membantu dan memotivasi dalam penyelesaian tesis ini.

7. Rekan-rekan Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan rekan sesama peneliti yang telah membantu saya dalam menjalankan penelitian.

Dalam penulisan tesis ini, penulis sadar masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk membantu dalam perbaikan. Penulis juga mengharapkan tesis dengan judul “Pembuatan Membran Polyvinylidene Fluoride (PVDF) - Titanium Dioxide (TiO₂): Analisa Karakteristik, Sifat Mekanik Dan Kinerja Pengolahan Air” dapat memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di negara Indonesia serta menjadi referensi bagi yang akan mengkaji dimasa yang akan datang.

Wassalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Palembang, Juni 2021

Penulis

RINGKASAN

PEMBUATAN MEMBRAN POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) - TITANIUM DIOXIDE (TiO₂): ANALISA KARAKTERISTIK, SIFAT MEKANIK DAN KINERJA PENGOLAHAN AIR

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 03 Juni 2021

Maya Fatriyana; Dibimbing oleh Bapak Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D & Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

xxix + 46 halaman, 5 tabel, 34 gambar, 3 lampiran

RINGKASAN

Air adalah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Air digunakan baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk industri kecil ataupun besar. Salah satu tantangan paling besar yang dihadapi manusia ke depannya adalah bagaimana memastikan masyarakat mencapai akses universal kepada air bersih karena ancaman krisis air bersih sudah di depan mata. Penelitian mengenai teknologi membran hingga saat ini masih terus dilakukan. Teknologi membran digunakan dalam industri air untuk meningkatkan kualitas air yang digunakan, digunakan kembali, atau dibuang ke lingkungan. *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) sebagai sebuah membran material yang telah lama dikenal dalam banyak proses membran. Membran PVDF juga telah mendapat perhatian besar karena sifatnya yang luar biasa termasuk hidrofobisitas tinggi, stabilitas termal, ketahanan kimia, dan kekuatan mekanik yang sangat baik sehingga cocok untuk dipakai dalam material penyusun membran. *Titanium Dioxide* (TiO₂) sebagai zat adiktif yang dapat meningkatkan resistensi *fouling* yang juga merupakan nanopartikel yang dapat meningkatkan hidrofilitas, pembersihan diri, dan antibakteri dari membran itu sendiri. Selain itu TiO₂ memiliki sifat stabilitas membran jangka panjang, tidak beracun, harga murah dan tahan sinar UV. Membran *Polyvinylidene fluoride* dengan penambahan *Titanium Dioxide* dan dimodifikasi menggunakan metode medan listrik DC 15000V akan dilakukan pengujian untuk menganalisa sifat mekanik dari membran dengan pengujian tarik, menganalisa karakteristik membran dengan pengamatan *Scanning*

Electron Microscopy (SEM), serta pengujian *Clean Water Permeability* (CWP) untuk menganalisa kinerja pengolahan air. Pengujian Tarik merupakan pengujian tidak merusak (Non Destructive Test) yang digunakan untuk mengetahui kekuatan mekanik dari suatu membran. Spesimen uji yang dilakukan pada pengujian ini memiliki bentuk lembaran datar yang ditarik hingga putus, menggunakan alat uji Tarik (*ZWICK ROEL Material Testing Machine*) dan menggunakan standar ASTM D 638. 05/2008 *Tensile Test On Plastic*. Pengamatan SEM menganalisa mikro struktur permukaan dari spesimen atau sampel berbentuk padat yang diamati secara tiga dimensi dan langsung. Dari hasil pengamatan SEM ini kita dapat menentukan ukuran pori yang terbentuk. Pengujian *Clean Water Permeability* (CWP) dilakukan dengan cara membran yang telah dicetak kemudian dipotong berbentuk lingkaran, setelah itu kemudian dilakukan penentuan waktu untuk mengalirkan air pada membran dan pada tekanan 1 bar agar diperoleh laju aliran atau fluks yang tetap. Pengamatan ini dilakukan dengan tujuan mengetahui membran mana yang memiliki pori yang rata dan stabil di seluruh permukaan.

Kata Kunci : Polyvinylidene Fluoride Membran, Titanium Dioxide, Pengujian Tarik, Pengamatan Scanning Electrom Microscopy, Pengujian Clean Water Permeability
Kepustakaan : 30 (1996-2020)

SUMMARY

FABRICATION OF POLYVINYLIDENE FLUORIDE (PVDF) MEMBRANES - TITANIUM DIOXIDE (TiO₂): ANALYSIS OF CHARACTERISTICS, MECHANICAL PROPERTIES AND WATER TREATMENT

Scientific Paper in the form of Thesis, 03 Juni 2021

Maya Fatriyana; Supervised by Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D & Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

xxix + 46 pages, 5 table, 34 picture, 3 attachment

SUMMARY

Water is a very important requirement for humans. Water is used both for daily life and for small and large industries. One of the biggest challenges that society will face in the future is how to ensure that people achieve universal access to clean water. Research on membrane technology is still being carried out. Membrane technology is used in the water industry to improve the quality of water that is used, reused, or discharged into the environment. Polyvinylidene fluoride (PVDF) as a membrane material has long been recognized in many membrane processes. PVDF membranes have also received great attention due to their outstanding properties including high hydrophilicity, thermal stability, chemical resistance, and excellent mechanical strength making them suitable for use in membrane building materials. Titanium Dioxide (TiO₂) as an additive substance that can increase fouling resistance is also a nanoparticle that can increase the hydrophilicity, self-cleaning, and antibacterial of the membrane itself. In addition, TiO₂ has the properties of long-term membrane stability, non-toxicity, low price and UV resistance. Polyvinylidene fluoride membranes with the addition of Titanium Dioxide and modified using the DC 15000V electric field method will be tested to analyze the mechanical properties of the membrane by tensile testing, analyzing membrane characteristics by observing Scanning Electron Microscopy (SEM), and testing Clean Water Permeability (CWP) to analyze water treatment performance. Tensile Test is a non-destructive test which is used to determine the mechanical strength of a membrane. The

specimen carried out in this test has the form of a flat sheet that is pulled to break, using a Tensile Testing Equipment (ZWICK ROEL Material Testing Machine) and using the ASTM D 638. 05/2008 Tensile Test On Plastic standard. SEM observations analyze the surface microstructure of solid specimens or samples that are observed in three dimensions and directly. From the results of this SEM observation we can determine the size of the pores formed. The Clean Water Permeability (CWP) test is carried out by means of a printed membrane then cut into a circle, after that it is then determined the time to drain water on the membrane and at a pressure of 1 bar in order to obtain a constant flow rate or flux. This observation was carried out with the aim of knowing which membrane has flat and stable pores on the entire surface.

Keywords : Polyvinylidene Fluoride Membrane, Titanium Dioxide, Tensile Testing, Scanning Electrom Microscopy Observation, Clean Water Permeability Testing

Citations : 30 (1996-2020)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
TESIS	ivii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ixv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
RINGKASAN.....	ixv
DAFTAR ISI.....	xixv
DAFTAR GAMBAR.....	xxivi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR ISTILAH	xxviii
DAFTAR LAMBANG.....	xxvii
ABSTRAK	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Literatur	7
2.2 Definisi Membran	7
2.3 Bahan Polimer	8
2.3.1 <i>Polyvinylidene Difluoride</i> (PVDF)	9
2.3.2 <i>N,N-Dimethylformamide</i> (DMF).....	9
2.3.3 <i>Titanium Dioxide</i> (TiO ₂).....	9
2.4 Pengujian Membran	11
2.4.1 Modifikasi Permukaan.....	11
2.4.2 Analisa Permukaan.....	12
2.4.3 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	12
2.4.4 Pengujian Tarik.....	13

2.4.5	Pengujian <i>Clean Water Permeability</i> (CWP).....	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		15
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	15
3.2	Persiapan Membran	16
3.2.1	Alat dan Bahan	16
3.2.2	Persiapan Adukan	17
3.2.3	Metode Cetakan (<i>Flat sheet</i>)	17
3.2.4	Proses Pembuatan	18
3.3	Metode Pengujian	19
3.3.1	Pengujian Tarik.....	19
3.3.2	Pengamatan Scanning Electron Microscopy (SEM).....	20
3.3.3	Pengujian <i>Clean Water Permeability</i> (CWP).....	21
3.4	Analisa Pengolahan Data.....	21
3.5	Hasil Yang Diharapkan	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Hasil Pengujian.....	23
4.1.1	Pengujian Tarik.....	23
4.1.2	Pengamatan Mikroskopis.....	28
4.1.3	Pengujian <i>Clean Water Permeability</i> (CWP).....	30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran.....	34
REFERENSI		39
LAMPIRAN		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Schematic Diagram pada proses membran (Lonsdale, 1996)	6
Gambar 2-2 Hasil Pengamatan SEM Pada PVDF/TiO ₂ membran (Mataram et al., 2020).....	10
Gambar 2-3 Kurva Tegangan-Reganga Polimer	12
Gambar 2-4 Skematis Tegangan – Regangan (Callister, 1994)	11
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3-2 Proses Pembuatan Membran	16
Gambar 3-3 ZWICK ROEL Material Testing Machine.....	17
Gambar 3-4 Scanning Electron Microscopy (SEM).....	18
Gambar 3-5 Clean Water Permeability (CWP)	19
Gambar 4-1 Grafik peningkatan Kekuatan Tarik PVDF/TiO ₂	23
Gambar 4-2 Grafik Tegangan-Elongasi Sampel Uji Konsentrasi 21wt%.....	24
Gambar 4-3 Grafik Tegangan-Elongasi Sampel Uji Konsentrasi 22wt%.....	24
Gambar 4-4 Grafik Tegangan-Elongasi Sampel Uji Konsentrasi 23wt%.....	25
Gambar 4-5 Permukaan Membran denngan menggunakan SEM 21wt%.....	26
Gambar 4-6 Permukaan Membran denngan menggunakan SEM 22wt%.....	27
Gambar 4-7 Permukaan Membran denngan menggunakan SEM 23wt%.....	27
Gambar 4-8 Fluks membran PVDF@TiO ₂	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Sifat TiO ₂	9
Tabel 3-1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	20
Tabel 4-1 Membran PVDF@TiO ₂ 21wt%	22
Tabel 4-2 Membran PVDF@TiO ₂ 22wt%	22
Tabel 4-3 Membran PVDF@TiO ₂ 23wt%	22
Tabel 4-4 Hasil Perhitungan Fluks Membran.....	29

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Penjelasan
Membran	Selaput, kulit tipis, atau lembaran bahan tipis, yang berfungsi sebagai pemisah selektif
Bioakumulasi	penimbunan substansi di dalam tubuh suatu organisme
Filterisasi	metode pemisahan fisik, yang digunakan untuk memisahkan antara cairan (larutan) dan padatan
Homogen	Bahan atau sistem yang memiliki sifat yang sama di setiap titik; satu ragam tanpa satupun penyimpangan
Heterogen	Bahan atau sistem yang memiliki sifat yang berbeda sifat atau berlainan jenis; beraneka ragam
Hidrofilik	Senyawa yang dapat berikatan dengan air
Hidrofobik	Senyawa yang tidak dapat berikatan dengan air
Permeselektivitas	Kemampuan membran untuk memisahkan komponen dari aliran umpan
Permeabilitas	Kemampuan (bahan, membran, dan sebagainya) meloloskan partikel dengan menembusnya
Membran Organik	Membran yang bahan dasar utamanya polimer dan makromolekul yang berasal dari senyawa organik yang dibuat pada suhu rendah
Membran Anorganik	Membran yang bahan dasar utamanya berasal dari senyawa anorganik.
Membran Hibrida	Membran yang terbuat dari gabungan bahan organik dan anorganik atau material lainnya
<i>Fouling</i>	Akumulasi material yang tidak diinginkan pada permukaan padat yang merugikan fungsinya (Pengotoran)
Fluks	Volume yang melewati membran per satuan luas per satuan waktu
Porositas	Ukuran dari ruang kosong di antara material, dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume

Turtoisitas	Ketidak-teraturan dari ukuran pori, panjang dan bentuk kanal pori yang menyebabkan panjang pori tidak sesuai dengan tebal membran Faktor di luar dan di dalam membrane
Aliran Laminar	Aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lanima-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain
Aliran Turbulen	aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi
Adsorpsi	Proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film pada permukaannya.
<i>Cleaning In Phase</i>	Fase pembersihan atau pemulihan pada membran.
Elastis	Kemampuan material untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diterapkan hilang
Plastis	Material yang tidak dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diterapkan hilang
Modulus Young	Perbandingan antara stress dengan strain.
Viskositas	suatu cara untuk dapat menyatakan berapa daya tahan dari aliran yang diberikan terhadap suatu cairan
Viskoelastis	Properti material dimana pada material tersebut mengandung atau memiliki karakteristik viscous dan elastic saat material tersebut mengalami deformasi.

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Nama	Satuan
P	Tekanan	[Pa]
L	Ketebalan Membran	[m]
Q	Debit Aliran	[m ³ /s]
μ	Viskositas Kinematik Fluida	[Ns/m ²]
A	Luas Area	[m ²]
K_p	Koefisien Permeabilitas	[m ²]
Re	Bilangan Reynolds	
ρ	Massa Jenis Fluida	[Kg/m ³]
v_p	Kecepatan Fluida Melewati Pori	[m/s]
d_p	Diameter pori	[m]
F	Gaya atau beban	[N]
A_0	Luas penampang mula-mula	[mm ²]
σ	Tegangan	[N/mm ²]
ϵ	Regangan	
l_0	Panjang Mula-mula	[mm]
Δl	Pertambahan Panjang	[mm]
E	Modulus elastisitas atau <i>modulus young</i>	[N/mm ²]
J_v	Fluks volume	[L/m ² .jam]
V	Volume Permeat	L
t	Waktu	Jam
NWP	<i>Normalized Water Permeability</i>	[LMH/Bar]
R	Debit Aliran	[L/Jam]
TMP	<i>Trans Membrane Pressure</i>	bar
P_{feed}	Tekanan Umpan	Bar
$P_{retentate}$	Tekanan Sisa	Bar

$P_{Permeate}$	Tekanan Hasil	Bar
T_f	Temperatur fluida	[°C]
T_m	Temperatur permukaan membran	[°C]
z	Jarak permukaan membran	[cm]
$B_{w,i}$	Permeabilitas membran	[kg m ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹]
δ	Tebal membran	[cm]
Δp	Beda Tekanan	[Bar]

ABSTRAK

Air adalah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Air digunakan baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk industri kecil ataupun besar. Salah satu tantangan paling besar yang dihadapi manusia kedepannya adalah bagaimana memastikan masyarakat mencapai akses universal kepada air bersih karena ancaman krisis air bersih sudah di depan mata. Penelitian mengenai teknologi membran hingga saat ini masih terus dilakukan. Teknologi membran digunakan dalam industri air untuk meningkatkan kualitas air yang digunakan, digunakan kembali, atau dibuang ke lingkungan. Material yang digunakan adalah *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) dan *Dioxide* (TiO_2). Membran *Polyvinylidene fluoride* dengan penambahan *Titanium Dioxide* dan dimodifikasi menggunakan metode medan listrik DC 15000V akan dilakukan pengujian untuk menganalisa sifat mekanik dengan pengujian tarik, menganalisa karakteristik membran dengan pengamatan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), serta pengujian *Clean Water Permeability* (CWP) untuk menganalisa kinerja pengolahan air. Hasil pengujian tarik membran PVDF dan Titanium Dioksida menunjukkan tegangan tarik maksimum diperoleh pada konsentrasi 23wt% dengan nilai 3,20 MPa dan hasil tegangan tarik maksimum yang diperoleh pada konsentrasi 21wt% dan 22wt% adalah sebesar 2,335 MPa dan 3,153 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi campuran PVDF maka semakin meningkat kekuatan tariknya. Pengamatan SEM dengan pembesaran yang bervariasi untuk konsentrasi membran PVDF@ TiO_2 21% permukaan membran menunjukkan pori-pori yang besar di bandingkan dengan membran dengan konsentrasi 22wt% dan 23wt%. Hasil dari pengujian *Clean Water Permeability* (CWP) menunjukkan semakin tinggi konsentrasi membran, maka flux nya juga semakin baik.

ABSTRACT

Water is a very important requirement for humans. Water is used both for daily life and for small and large industries. One of the biggest challenges that society will face in the future is how to ensure that people achieve universal access to clean water. Research on membrane technology is still being carried out. Membrane technology is used in the water industry to improve the quality of water that is used, reused, or discharged into the environment. The materials used are Polyvinylidene fluoride (PVDF) and Dioxide (TiO₂). Polyvinylidene fluoride membranes with the addition of Titanium Dioxide and modified using the DC 15000V electric field method will be tested to analyze mechanical properties by tensile testing, analyzing membrane characteristics by observing Scanning Electron Microscopy (SEM), and Clean Water Permeability (CWP) testing to analyze water treatment performance. The results of the tensile test for PVDF and Titanium Dioxide membranes showed that the maximum tensile stress was obtained at a concentration of 23wt% with a value of 3.20 MPa and the maximum tensile stress obtained at a concentration of 21wt% and 22wt% was 2,335 MPa and 3.153 MPa, respectively. This shows that the higher the concentration of the PVDF mixture, the higher the tensile strength. SEM observations with varying magnification for PVDF@TiO₂ membrane concentrations of 21% membrane surface showed large pores compared to membranes with concentrations of 22wt% and 23wt%. The results of the Clean Water Permeability (CWP) test show that the higher the membrane concentration, the better the flux.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sebuah kebutuhan yang paling penting untuk manusia. Air digunakan baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk industri kecil ataupun besar. Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi umat manusia di masa depan adalah bagaimana memastikan bahwa orang-orang mencapai akses umum ke air bersih karena bahaya darurat air bersih semakin dekat. Hal ini merupakan akibat dari perubahan iklim, pengembangan sistem yang berbahaya bagi ekosistem, pemborosan dari berbagai usaha, limbah dari berbagai macam industri dan banyak perbuatan buruk manusia yang membuat alam menjadi rusak. Laju pertumbuhan penduduk juga berbanding lurus dengan kebutuhan air, namun berbanding terbalik dengan kemampuan tanah dalam menyediakan sumber air bersih bagi manusia (B.I. Amalia, 2014). Aksesibilitas air yang tidak memadai bila dibandingkan dengan kebutuhan akan air bersih akan menyebabkan keadaan darurat dan kekurangan air yang jelas menyulitkan individu untuk memenuhi kebutuhan pokok sehari-hari

Aqueduct Water Risk Atlas telah mengidentifikasi 17 negara dengan risiko kekurangan air yang sangat tinggi, di mana hingga 80% dari sumber daya air yang tersedia, termasuk air tanah, digunakan setiap tahun. India, salah satu negara terpadat di dunia, menempati peringkat ke-13 secara global untuk risiko air (Gleick et al., 2020).

Pengolahan dan pemurnian air adalah prosedur menghilangkan bahan kimia yang tidak menguntungkan, kontaminan alami, serta padatan tersuspensi dari air. Tujuannya adalah menyalurkan air untuk aplikasi tertentu. Air didesinfeksi untuk diminum, tetapi pengolahan air juga dapat dimaksudkan untuk tujuan yang berbeda, termasuk aplikasi kimia, medis, farmakologis, atau industri lainnya (Kerkeni et al., 2016).

Teknologi membran yang digunakan sejak beberapa dekade lalu merupakan satu dari berbagai teknologi yang sudah cukup lama ditemukan. Teknologi membran dimanfaatkan dalam industri air untuk meningkatkan kualitas air yang digunakan, akan digunakan kembali, atau yang dibuang ke lingkungan (Peters, 2010). Sejak saat itu, berbagai proses membran telah dikembangkan, masing-masing dengan aplikasi khusus. Ada modifikasi yang terus-menerus dari modul membran dan elemen membran untuk meningkatkan pengurangan *fouling* membran, yang merupakan tantangan utama untuk proses membran. Mikrostruktur suatu membran tergantung pada prosedur preparasi (Matsuura, 2020). Menjadi salah satu teknologi yang paling bermanfaat dan serbaguna dalam proses pemurnian air berbasis membran membuat teknologi ini terus dieksplorasi, dikembangkan dan diterapkan pada produksi air minum konvensional, pengolahan air limbah, produksi air ultra-murni, desalinasi, dan penggunaan kembali air (Hoek and Ghosh, 2009), (Ezugbe and Rathilal, 2020).

Membran adalah selaput tipis yang memisahkan dua fase satu sama lain dengan membatasi pergerakan komponen yang melewatinya dengan selektif. Fungsi membran adalah untuk memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil (Agustina et al., 2008). Permukaan membran dengan struktur berpori halus ataupun membran yang tidak berpori dapat menghilangkan kontaminan seperti bakteri dan protozoa hingga ion (Peters, 2010), (Ezugbe and Rathilal, 2020).

Polyvinylidene fluoride (PVDF) sebagai sebuah membran material yang telah lama dikenal dalam banyak proses membran. Membran PVDF juga telah mendapat perhatian besar dan cocok untuk digunakan dalam material penyusun membran karena sifatnya yang luar biasa termasuk hidrofobitas tinggi, stabilitas termal (Xiong et al., 2017), ketahanan kimia (Chong et al., 2018), dan kekuatan mekanik yang sangat baik (Ji et al., 2015). Kelemahan utama membran PVDF adalah sifat hidrofobiknya, menyebabkan *fouling* membran yang parah dan penurunan permeabilitas dan juga, mempengaruhi aplikasinya dalam pengolahan air dan air limbah (Safarpour et al., 2014). Maka dari itu,

pemanfaatan PVDF hanya terbatas pada membran yang memiliki sifat hidrofobik sehingga tidak layak untuk dilewatkan oleh air dan juga memiliki kemungkinan *fouling* yang tinggi (Fitradi, 2015).

Telah disetujui oleh banyak penelitian bahwa *Titanium Dioxide* (TiO_2) sebagai zat adiktif yang mampu menambah daya tahan pengotoran suatu membran. *Titanium Dioxide* (TiO_2) dapat menambah tingkat hidrofilisitas membran (Huang et al., 2017), pembersihan diri, dan antibakteri dari membran itu sendiri (Qian et al., 2016). Selain itu TiO_2 memiliki sifat stabilitas membran jangka panjang, tidak beracun, harga murah dan tahan sinar UV (Ji et al., 2015), (Mataram et al., 2020), (Yang et al., 2010) .

N,N Dimethylformamide (DMF) yang berbentuk cair digunakan sebagai pelarut untuk dicampurkan dengan polimer *Polyvinylidene fluoride* (PVDF). DMF sebagai pelarut bisa langsung dicampurkan sebagai cairan kedalam campuran polimer. *N, N-Dimethylformamide* (DMF) mempunyai kelebihan seperti bahan tidak mudah terbakar, serta tidak beracun. Saat membran dalam proses pencetakan, pelarut *N,N Dimethylformamide* akan terlarut dengan sendirinya (EPA, 2000).

Penggunaan polimer *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) sebagai material penyusun membran telah banyak digunakan dalam bidang pengolahan air. Oleh karena itu, dengan memakai metode medan listrik DC 15000V membran *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) dengan pencampuran *Titanium Dioxide* yang akan dianalisa sifat mekaniknya melalui pengujian tarik, pengamatan yang menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk menganalisa karakteristik, serta untuk menganalisa kinerja pengolahan air melalui pengujian *Clean Water Permeability* (CWP).

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan membran campuran antara bahan *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) dengan menambahkan zat aditif yaitu *Titanium Dioxide* dan dimodifikasi dengan metode medan listrik DC 15000V untuk mengetahui dan menganalisa sifat mekanik membran melalui uji tarik,

pengamatan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk menganalisa karakteristik membran, serta menganalisa kinerja pengolahan air melalui pengujian dengan alat *Clean Water Permeability* (CWP).

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tesis ini disusun suatu batasan masalah agar pembahasan lebih terarah dan terfokus, yaitu:

1. Jenis Polimer yang digunakan adalah *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF).
2. *Titanium Dioxide* (TiO_2) sebagai Zat Aditif yang akan digunakan.
3. Penggunaan N,N-Dimethylformamide (DMF) sebagai pelarut.
4. Pada setiap spesimen, variasi campuran *Polyvinylidene fluoride* yaitu 21%, 22%, 23%.
5. Spesimen dibuat dengan bentuk *flat sheet*.
6. Dengan suhu dibawah 40°C , proses pengadukan akan dilakukan selama kurang lebih 8 jam menggunakan *magnetic stirrer*.
7. Kecepatan atau Rpm pengadukan diabaikan karena adanya perubahan kecepatan saat bahan adukan semakin mengental.
8. Pengamatan yang dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
9. Pengujian yang digunakan adalah uji tarik dan pengujian *Clean Water Permeability* (CWP).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam tesis ini ialah untuk :

1. Pengembangan suatu membran yang menggunakan material polimer *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) dan dicampur dengan *Titanium Dioxide* (TiO_2) yang dimodifikasi dengan metode medan listrik DC 15000V.

2. Menganalisa tegangan tarik membran untuk mengetahui kekuatan dari membran.
3. Menganalisa karakteristik struktur mikro membran.
4. Menganalisa kemampuan membran menahan *fouling* dengan cara mengidentifikasinya melalui pengujian *Clean Water Permeability* (CWP).

REFERENSI

- Agustina, S., R, S.P., Widiyanto, T., Trisni.A, 2008. Penggunaan Teknologi Membran Pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit.
- B.I. Amalia, A.S., 2014. Ketersediaan Air Bersih Dan Perubahan Iklim: Studi Krisis Air Di Kedungkarang Kabupaten Demak Bunga Irada Amalia 1 dan Agung Sugiri 2 1. 3 (2): 295–302.
- Chong, W.C., Chung, Y.T., Teow, Y.H., Zain, M.M., Mahmoudi, E., Mohammad, A.W., 2018. Environmental impact of nanomaterials in composite membranes: Life cycle assessment of algal membrane photoreactor using polyvinylidene fluoride – composite membrane. *Journal of Cleaner Production*, 202 591–600.
- EPA, 2000. N,N-Dimethylformamide. *United states environmental protection* (1): 1–4.
- Ezugbe, E.O., Rathilal, S., 2020. Membrane technologies in wastewater treatment: A review. *Membranes*, 10 (5).
- Fithri Yatul Humairo, 2015. Preparation and Characterization of PVDF / PEG400-TiO₂ Hollow Fiber Membrane.
- Fitradi, R.B., 2015. Preparasi dan Modifikasi Membran untuk Pengolahan Air. *Chemical Product* (December): 1–15.
- Gleick, P., Iceland, C., Trivedi, A., 2020. Ending Conflicts Of Water 128.
- Hoek, E.M.V., Ghosh, A.K., 2009. Nanotechnology-Based Membranes for Water Purification. *Nanotechnology Applications for Clean Water* 47–58.
- Huang, Y.W., Wang, Z.M., Yan, X., Chen, J., Guo, Y.J., Lang, W.Z., 2017. Versatile polyvinylidene fluoride hybrid ultrafiltration membranes with superior antifouling, antibacterial and self-cleaning properties for water treatment. *Journal of Colloid and Interface Science*, 505 38–48.
- Ji, J., Liu, F., Hashim, N.A., Abed, M.R.M., Li, K., 2015. Poly(vinylidene fluoride) (PVDF) membranes for fluid separation. *Reactive and Functional Polymers*, 86 134–153.
- Kerkeni, L., Ruano, P., Delgado, L.L., Picco, S., Villegas, L., Tonelli, F., Merlo, M., Rigau, J., Diaz, D., Masuelli, M., 2016. Water Treatment and Desalination. *Intech* (tourism): 13.
- Lonsdale, H.K., 1996. Chapter 1 Membranes and membrane processes, in: *Membrane Science and Technology*. pp. 1–13.

- Madhura, L., Kanchi, S., Sabela, M.I., Singh, S., Bisetty, K., Inamuddin, 2018. Membrane technology for water purification. *Environmental Chemistry Letters*, 16 (2): 343–365.
- Mataram, A., Anisya, N., Nadiyah, N.A., Afriansyah, 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 159–165.
- Mataram, A., Anisya, N., 2019. Pembentukan Membran Titanium Dioxide (TiO₂) Dengan Pencampuran Polyvinilidene Fluoride (Pvdf): Karakteristik, Sifat Mekanis Dan Kinerja Pengolahan Air. *Repository Unsri*.
- Matsuura, T., 2020. Membrane Material, in: Synthetic Membranes and Membrane Separation Processes. pp. 11–45.
- Mulder, M., 1996. Basic Principle of Membrane Technology. pp. 1–21.
- Ong, C.S., Lau, W.J., Goh, P.S., Ng, B.C., Ismail, A.F., 2015. Preparation and characterization of PVDF–PVP–TiO₂ composite hollow fiber membranes for oily wastewater treatment using submerged membrane system. *Desalination and Water Treatment*, 53 (5): 1213–1223.
- Pan, Z., Cao, S., Li, J., Du, Z., Cheng, F., 2019. Anti-fouling TiO₂ nanowires membrane for oil/water separation: Synergetic effects of wettability and pore size. *Journal of Membrane Science*, 572 596–606.
- Peters, T., 2010. Membrane technology for water treatment Application. *Chemical Engineering and Technology*, 33 (8): 1233–1240.
- Qian, Y., Chi, L., Zhou, W., Yu, Z., Zhang, Zhongzhi, Zhang, Zhenjia, Jiang, Z., 2016. Fabrication of TiO₂-modified polytetrafluoroethylene ultrafiltration membranes via plasma-enhanced surface graft pretreatment. *Applied Surface Science*, 360 749–757.
- Safarpour, M., Khataee, A., Vatanpour, V., 2014. Preparation of a novel polyvinylidene fluoride (PVDF) ultrafiltration membrane modified with reduced graphene oxide/titanium dioxide (TiO₂) nanocomposite with enhanced hydrophilicity and antifouling properties. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 53 (34): 13370–13382.
- Setyawan, H., 2012. Asetat Yang Didadah Titanium Dioksida.
- Wang, X., Feng, M., Liu, Y., Deng, H., Lu, J., 2019. Fabrication of graphene oxide blended polyethersulfone membranes via phase inversion assisted by electric field for improved separation and antifouling performance. *Journal of Membrane Science*, 577 41–50.
- Xiong, Z., Lin, H., Liu, F., Xiao, P., Wu, Z., Li, T., Li, D., 2017. Flexible PVDF membranes with exceptional robust superwetting surface for continuous separation of oil/water emulsions. *Scientific Reports*, 7 (1): 1–12.

- Yang, Z., Peng, H., Wang, W., Liu, T., 2010. Crystallization behavior of poly(ϵ -caprolactone)/layered double hydroxide nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 116 (5): 2658–2667.
- Yuliwati, E., Ismail, A.F., 2011. Effect of additives concentration on the surface properties and performance of PVDF ultrafiltration membranes for refinery produced wastewater treatment. *Desalination* 273, 226–234.
- Utami, N.PE., Chandra, H., 2017. Mechanical properties analysis of Al-9Zn-5Cu-4Mg cast alloy by T5 heat treatment, in: MATEC Web of Conferences.
- Zhang, L., Shu, Z., Yang, N., Wang, B., Dou, H., Zhang, N., 2018. Improvement in antifouling and separation performance of PVDF hybrid membrane by incorporation of room-temperature ionic liquids grafted halloysite nanotubes for oil–water separation. *Journal of Applied Polymer Science*, 135 (21): 19