

**PENYISIHAN MIKROPLASTIK PADA AIR SUNGAI
KRUENG ACEH MENGGUNAKAN MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DARI POLIMER *POLYETHERSULFONE*
(PES)**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

**HAIFA DZIHNINAFIRA
NIM. 180702059
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PENYISIHAN MIKROPLASTIK PADA AIR SUNGAI
KRUENG ACEH MENGGUNAKAN MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DARI POLIMER *POLYETHERSULFONE*
(PES)**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana
dalam ilmu Teknik Lingkungan

**Diajukan oleh:
Haifa Dzihninafira
NIM. 180702059**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**

Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc
NIDN. 2013128901

Dr. Fachrul Razi, S.T.,M.T.
NIP. 197610182006041003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc
NIP.198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENYISIHAN MIKROPLASTIK PADA AIR SUNGAI
KRUENG ACEH MENGGUNAKAN MEMBRAN
ULTRAFILTRASI DARI POLIMER *POLYETHERSULFONE*
(PES)**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 4 Januari 2023
11 Jumadil Akhir 1444

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901

Sekretaris,


Dr. Fachrul Razi, S.T., M.T.
NIDN. 0018107620

Penguji I,


Vera Viena, M.T.
NIDN. 0604409

Penguji II,


Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haifa Dzihninafira
NIM : 180702059
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Penyisihan Mikroplastik Pada Air Sungai Krueng Aceh
Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer
Polyethersulfone (PES)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 04 Januari 2023
Yang Menyatakan



Haifa Dzihninafira

ABSTRAK

Nama : Haifa Dzihninafira
NIM : 180702059
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Penyisihan Mikroplastik Pada Air Sungai Krueng Aceh Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer *Polyethersulfone* (PES)
Tanggal Sidang : Rabu, 4 Januari 2023
Jumlah Halaman : 72
Pembimbing I: : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc
Pembimbing II : Dr. Fachrul Razi, S.T., M.T
Kata Kunci : mikroplastik, *polyethersulfone*, fluks, koefisien rejeksi, SEM

Dari hasil uji pendahuluan ditemukannya mikroplastik pada pipa inlet Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Daroy sebanyak 275 partikel/L, sedangkan pada hasil air produksi PDAM Tirta Daroy sebanyak 150 partikel/L. Ditemukannya mikroplastik pada air tersebut dapat menjadi ancaman serius bagi makhluk hidup jika dikonsumsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik, fluks dan koefisien rejeksi membran *polyethersulfone* (PES), yang dibuat menggunakan teknik inversi fasa dengan pelarut N,N-Dimethylformamide (DMF) dan zat aditif Titanium dioksida (TiO_2) dalam melakukan penyisihan mikroplastik pada air Sungai Krueng Aceh. Hasil analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap morfologi membran membuktikan bahwa membran yang dihasilkan merupakan membran asimetris yang terdiri dari dua lapisan yaitu bagian atas merupakan lapisan tipis dan lapisan bawah adalah lapisan berpori. Membran PES 20%/DMF/ TiO_2 memiliki struktur penampang melintang seperti jari (*finger-like macrovoid*) dengan jumlah yang lebih banyak dan besar dibandingkan dengan - sedangkan membran PES 15% DMF/ TiO_2 . Analisa koefisien rejeksi mikroplastik menunjukkan bahwa membran PES /DMF/ TiO_2 mampu menyisihkan mikroplastik. Hasil uji keofisien rejeksi mikroplastik yang didapatkan setelah melewati proses filtrasi menggunakan membran PES 20% /DMF/ TiO_2 sebanyak 14,2 partikel/L dengan nilai koefisien rejeksi mikroplastik 94%. Kinerja membran PES 15% DMF/ TiO_2 memiliki fluks air sebesar 0,733 L/m².jam sedangkan membran PES 20% DMF/ TiO_2 memiliki fluks air sebesar 0,467 L/m².jam. Dengan membran ultrafiltrasi dari penelitian ini berpotensi dapat diterapkan sebagai penyaring air baku dalam PDAM.

ABSTRACT

Name : *Haifa Dzihinafira*
NIM : *180702059*
Study Program : *Environmental Engineering*
Title : *Microplastic Removal in Krueng Aceh River Waters Using Ultrafiltration Membrane from Polyethersulfone Polymer (PES)*
Session Date : *Wednesday, January 4th 2023*
Number of Page : *72*
Advisor I : *Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc*
Advisor II : *Dr. Fachrul Razi, S.T., M.T*
Keyword : *Microplastic, Polyethersulfone, flux, rejection coefficient, SEM*

The preliminary test revealed that the Tirta Daroy Regional Drinking Water Company's inlet pipe contained 275 particles/L of microplastics, while the water produced by PDAM Tirta Daroy contained 150 particles/L. When microplastics are found in the water, ingesting them can be extremely harmful to living organisms. This study aims to determine the characteristics, flux, and rejection coefficient of polyethersulfone (PES) membranes manufactured using a phase inversion technique with N,N-Dimethylformamide (DMF) solvent and Titanium dioxide (TiO₂) additives for microplastic removal from the water of the Krueng Aceh River. The results of Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis of membrane morphology demonstrate that the resultant membrane is an asymmetrical membrane with two layers, the upper layer being a thin layer and the lower layer being a porous layer. Compared to PES 15% DMF/TiO₂ membrane, PES 20%/DMF/TiO₂ membrane has a finger-like macrovoid cross-sectional structure with more and larger numbers. The microplastic rejection coefficient analysis revealed that the PES/DMF/TiO₂ membrane was capable of removing microplastics. After passing through a filtration process with a 20% PES/DMF/TiO₂ membrane with a density of 14.2 particles/L and a microplastic rejection coefficient of 94%, the microplastic rejection efficiency test results were obtained. Compared to a 15% DMF/TiO₂ PES membrane, a 20% DMF/TiO₂ PES membrane has a water flux of 0.467 L/m².hour. This research's ultrafiltration membrane has the potential to be used as a raw water filter in PDAM.

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah Swt atas setiap nikmat serta karunia yang telah diberikan kepada hamba-Nya, Tuhan semesta alam. *Shalawat* serta salam juga penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad saw, nabi akhir zaman yang telah menyebarkan syariat islam kepada seluruh umat manusia di dunia. Begitu pula salam sejahtera semoga selalu tercurah kepada keluarganya, para sahabat serta umatnya yang mengikuti ajaran dan petunjuknya.

Alhamdulillah atas hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Penyisihan Mikroplastik Pada Air Sungai Krueng Aceh Menggunakan Membran Ultrafiltrasi dari Polimer *Polyethersulfone* (PES)” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal yang melibatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga pembuatan tugas akhir ini berjalan dengan lancar. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Helmy serta Ibunda Sri Azhani selaku Orang Tua dari penulis yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam pembuatan tugas akhir ini.

Dengan demikian pula, penulis menyampaikan rasa terimakasih atas segala bantuan kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku dosen pembimbing akademik dan selaku Ketua Laboratorium Teknik lingkungan Laboratorium Multifungsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, dukungan, masukan, waktu, tenaga dalam membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Dr. Fachrul Razi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, dukungan, masukan, waktu, tenaga dalam membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
8. Ibu Leni Maulinda, S.T., M.T., yang telah memberikan bimbingan, dukungan, masukan, waktu, tenaga dalam membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd., sebagai Laboran Teknik Lingkungan yang telah membantu dalam pengurusan Laboratorium.
10. Ibu Firdha yang telah membantu dalam pengurusan administrasi.
11. Afiatun Maghfirah, S.Math, Raudhatul Mahdani Yusuf, S,Stat, Cut Nandan Nurbadriani, S.T, Sanya Fazira, A.ma, Resa Marvira, S.Pd, serta kepada paket komplit Salsabila Raiqa, S.T, Alfanía Rahmatillah, S.T, Siti Az Zahra, S.T, Mailiza Efriana, S.T, Dwi Ardianna Arsa, S.T, Siti Muliana dan beberapa teman-teman seperbimbingan Rahmad Maulana, S.T, Akbar Syarif, S.T, Athalla Muafa Ikbar, S.T, Zurriyati Iklima, S.T.
12. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Angkatan 2018, yang penulis tidak dapat sebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Kritik dan saran dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan tugas akhir ini. Terakhir, penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi orang banyak.

Banda Aceh, 03 Januari 2022

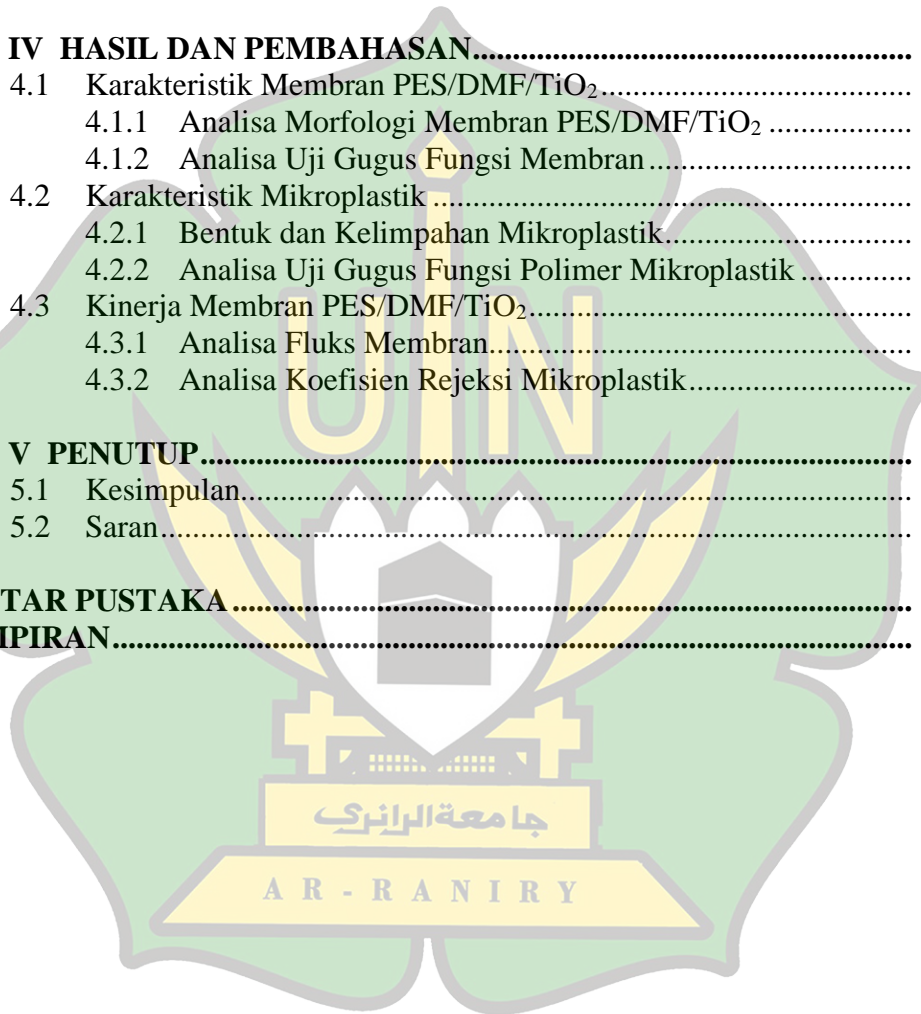
Penulis,

Haifa Dzihninafira

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sungai Krueng Aceh	8
2.2 Mikroplastik	8
2.3 Teknologi Membran.....	12
2.4 Teknik Pembuatan Membran	16
2.5 Bahan Baku Pembuatan Membran.....	17
2.5.1 Polietersulfon (PES)	17
2.5.2 N,N-Dimethylformamide (DMF)	18
2.5.3 Titanium dioxide (TiO ₂).....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Teknik Studi Literatur	21
3.2 Variabel Penelitian	21
3.3 Sampel Air.....	22
3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel	22
3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel	23
3.4 Sintesis Membran.....	24
3.4.1 Bahan Pembuatan Membran PES.....	24
3.4.2 Waktu dan Tempat Pembuatan Membran PES	24
3.4.3 Prosedur Sintesis Membran PES	24
3.5 Karakterisasi Membran	25
3.5.1 Analisis Morfologi Membran	26
3.5.2 Analisis Gugus Fungsi.....	26
3.6 Desain Unit Filtrasi	27
3.6.1 Alat dan Bahan Unit Filtrasi	27
3.6.2 Desain Unit Filtrasi.....	28
3.7 Prosedur Eksperimen Konversi Membran Ultrafiltrasi <i>PES</i>	28

3.8	Analisis Mikroplastik	29
3.8.1	Bahan Analisis Mikroplastik	29
3.8.2	Tempat Preparasi dan Pengukuran Sampel	29
3.8.3	Prosedur Analisis Mikroplastik	30
3.8.4	Penentuan Jenis Mikroplastik	32
3.9	Uji Kinerja Membran	33
3.9.1	Analisis Fluks Membran.....	33
3.9.2	Analisis Koefisien Rejeksi Mikroplastik.....	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1	Karakteristik Membran PES/DMF/TiO ₂	36
4.1.1	Analisa Morfologi Membran PES/DMF/TiO ₂	36
4.1.2	Analisa Uji Gugus Fungsi Membran	38
4.2	Karakteristik Mikroplastik	40
4.2.1	Bentuk dan Kelimpahan Mikroplastik.....	40
4.2.2	Analisa Uji Gugus Fungsi Polimer Mikroplastik	41
4.3	Kinerja Membran PES/DMF/TiO ₂	42
4.3.1	Analisa Fluks Membran.....	42
4.3.2	Analisa Koefisien Rejeksi Mikroplastik.....	43
BAB V	PENUTUP.....	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
	DAFTAR PUSTAKA	47
	LAMPIRAN.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Mikroplastik dari hasil air produksi (a) fiber, (b) film. Mikroplastik dari Sungai Krueng Aceh (c) fiber, (d) film	3
Gambar 2.1	Struktur kimia polyethersulfone	18
Gambar 2.2	Struktur kimia N,N-Dimethylformamide	19
Gambar 2.3	Struktur kimia titanium dioksida	19
Gambar 3.1	Lokasi pengambilan sampel	22
Gambar 3.2	Pengambilan sampel	23
Gambar 3.3	(a) Rancangan unit filtrasi (b) bentuk asli unit filtrasi	28
Gambar 3.4	Pengamatan mikroplastik menggunakan mikroskop stereo	31
Gambar 4.1	(a) Penampang melintang PES 15%, (b) Distribusi ukuran pori membran PES 15%	37
Gambar 4.2	(a) Penampang melintang PES 20%, (b) Distribusi ukuran pori membran PES 20%	38
Gambar 4.3	Hasil analisa FTIR membran PES 15%/DMF/TiO ₂ , PES	39
Gambar 4.4	Bentuk-bentuk mikroplastik pada air Sungai Krueng Aceh, Kota Banda Aceh,	40
Gambar 4.5	Spektrum FTIR mikroplastik yang diperoleh dari Sungai Krueng Aceh	41
Gambar 4.6	Grafik hubungan nilai fluks terhadap tekanan pada berbagai macam	43
Gambar 4.7	Hasil rejeksi mikroplastik pada membran PES 15% dan PES 20%	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi mikroplastik	9
Tabel 2.2 Jenis mikroplastik	9
Tabel 2.3 Jenis plastik yang umum ditemukan	11
Tabel 2.4 Klasifikasi ukuran pori pada membran	15
Tabel 2.5 Tabel peak transmitan membran PES	18
Tabel 3.1 Bahan dalam pembuatan membran PES	24
Tabel 3.2 Formulasi dope untuk membuat membran.....	25
Tabel 3.3 Alat dan bahan dalam pembuatan unit filtrasi	27
Tabel 3.4 Bahan preparasi sampel	29
Tabel 4.1 Spektrum FTIR membran PES 15% dan 20%	39
Tabel 4.2 Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada setiap membran	41
Tabel 4.3 Spektrum FTIR jenis mikroplastik.....	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

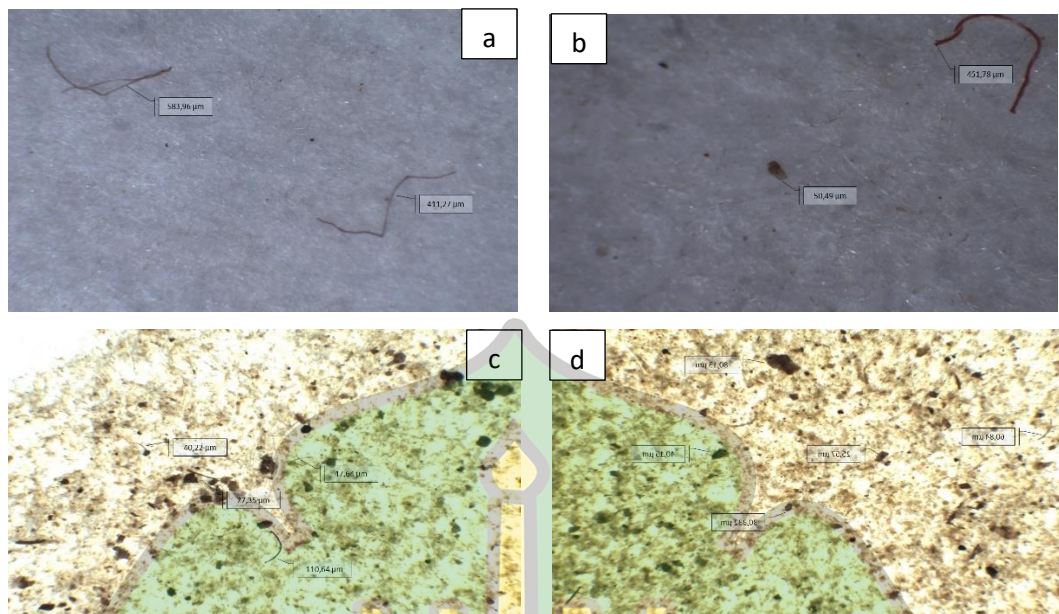
Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2021 Indonesia menghasilkan sampah plastik sebanyak 15,6 % dari total sampah yang ada di Indonesia atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau sebanyak 189 ribu ton sampah/hari (Cordova, 2017 dan Wahyudi dkk., 2018). Umumnya sampah plastik berasal dari barang rumah tangga, seperti botol minum, *lotion*, sabun dan sampo, alat makan, kantong pembungkus, pipa, sikat gigi dan botol oli (Ardianti., 2019). Dengan jumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan sekitarnya terutama laut, biota laut, danau sungai, dan dapat mengancam keberlangsungan hidup manusia (Wahyudin dan Afriansyah, 2020). Sampah plastik akan terurai dan mengecil ukurannya paparan sinar *ultraviolet* (UV) dalam jangka waktu yang lama, sekaligus terkena dampak fisik akibat kondisi alam yang membuat ukuran sampah plastik menjadi lebih kecil dan tidak terlihat oleh mata, atau dikenal dengan mikroplastik (Mp) (Kapo dkk., 2020).

Mikroplastik adalah plastik dengan ukuran mulai 0,1 μ m hingga 5 mm. Mikroplastik berdampak negatif terhadap ekosistem perairan bahkan makhluk hidup (Sugandi dkk., 2021). Ditemukan mikroplastik dalam produk sehari-hari yang digunakan seperti *scrub*, sabun, atau dari serpihan makroplastik yang lebih besar (Simamora dkk., 2020). Menurut Joesidawati (2018), Mp dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada organisme laut dengan tingkat trofik yang lebih rendah seperti plankton, yang merupakan *filter feeder* yang mengonsumsi Mp, dan dapat mempengaruhi mikroorganisme pada tingkat trofik yang lebih tinggi melalui bioakumulasi. Seluruh biota laut dapat memakan mikroplastik jika salah satu partikel mikroplastik tersebut berbentuk menyerupai makanan. Mikroplastik bisa berbahaya jika masuk ke dalam tubuh manusia. Mikroplastik dapat menyebabkan

efek toksik, menghasilkan stress oksidatif, dan menginduksi kerusakan jaringan serta peradangan kronis pada tubuh manusia (Shen dkk., 2020).

Menurut Maratusholihah dkk (2020), pada 14 negara (Kuba, Ekuador, Inggris, Prancis, Jerman, India, Indonesia, Irlandia, Italia, Lebanon, Slovakia, Swiss, Uganda, dan Amerika Serikat) dari 81% air keran terdapat material antropogenik sebanyak 5,45 partikel/L berupa serat, fragmen, dan film. Pada air baku *Advanced Drinking Water Treatment Plant* (ADWTP) di Cina terdapat 6614 ± 1132 partikel/L, sedangkan pada *treated water* terdapat 930 ± 71 partikel/L. Kelimpahan mikroplastik juga terjadi pada Instalasi Pengolahan Air Minum di Jerman mencapai sebanyak 0,7 mikroplastik/m³ dengan ukuran 50-150 μm . Perusahaan Daerah Air Minum Kota Surabaya juga mempunyai beberapa Instalasi Pengelolaan Air Minum yaitu IPAM Ngagel I, II, dan III dan IPAM Karangpilan I, II, dan III. Kelimpahan mikrodebris pada air distribusi Surabaya Timur sebesar 56,61 partikel/L di air tandon dan 30,77 partikel/L di air keran.

Berdasarkan data Rafiza (2022) dan Ricky (2021), ditemukannya mikroplastik pada Sungai Krueng Aceh sebanyak 150 partikel/L dan 180 partikel/L. Sungai Krueng Aceh adalah sumber air baku bagi PDAM Aceh Besar dan Kota Banda Aceh serta merupakan salah satu sungai terbesar di Aceh yang mengalir langsung ke Samudera Hindia dan Selat Malaka (Hamdan, 2021 dan Hamdan dkk., 2022) . Dari hasil uji pendahuluan ditemukan mikroplastik pada pipa inlet PDAM Tirta Daroy sebanyak 275 partikel/L, sedangkan pada hasil air produksi PDAM Tirta Daroy sebanyak 150 partikel/L yang dapat dilihat seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Mikroplastik dari hasil air produksi (a) fiber, (b) film. Mikroplastik dari Sungai Krueng Aceh (c) fiber, (d) film
 Sumber: Uji Pendahuluan, 2022

Filtrasi membran merupakan teknologi pengolahan air dan limbah yang memiliki kemampuan untuk secara khusus memisahkan komponen kimia dan memisahkan partikel yang lebih besar menjadi komponen yang lebih kecil. Kelebihan dari teknologi membran yaitu dapat beroperasi pada suhu rendah, hemat energi dapat dilakukan secara kontinu, dan ramah terhadap lingkungan (Ritonga dkk., 2015). Terdapat beberapa jenis teknik pemisahan menggunakan filtrasi membran yaitu mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, reverse osmosis, elektrolisis, dialisis, elektrodialisis, pemisahan gas, permeasi uap, pervaporasi, membran distilasi, membran reaktor (Wenten dkk., 2010). Membran ultrafiltrasi dapat bekerja pada tekanan rendah yaitu 1-5 bar, serta memiliki ukuran pori 0,1-0,001 μm dengan batasan permeabilitas adalah 10 hingga 50 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$ (Elma, 2017). Karena ukuran pori yang sangat kecil, mikroorganisme seperti virus, patogen, dan bakteri mampu disisihkan oleh membran ultrafiltrasi sehingga air yang dihasilkan layak dikonsumsi secara langsung.

Pemilihan polimer yang tepat sangat mempengaruhi kinerja membran dalam proses filtrasi yang akan dilakukan. Ada beberapa jenis polimer umum yang digunakan dalam proses membran ultrafiltrasi antara lain *polisulfon*, *polietersulfon*,

poli vinylidene fluoride, poli akrilonitril, selulosa asetat, poliamida, poli eter keton, dan lain sebagainya (Mirwan dkk., 2017). *Polyethersulfone* (PES) adalah bahan yang banyak digunakan dalam pembuatan membran asimetris, karena kinerjanya yang baik, memiliki sifat mekanik yang baik, dan stabilitas termal yang tinggi dan ketahanan yang luar biasa terhadap klorin dan bahan kimia berbahaya serta kelenturannya ke dalam berbagai konfigurasi modul (Fahrina dkk., 2018; Hidayat dkk., 2019).

Pelarut *Dimethylformamide* (DMF) merupakan pelarut polar protik yang populer, murah, dan banyak digunakan sebagai pelarut dalam berbagai reaksi organik (Liu dkk., 2017). Titanium dioksida (TiO_2) digunakan sebagai senyawa aditif pada proses pembuatan membran PES dikarenakan TiO_2 dapat menghasilkan membran dengan hidrofilitas yang lebih tinggi, stabilitas termal dan mekanik yang lebih baik, kinerja permeat yang lebih baik dan dapat mendegradasi cemaran organik (Esnahati dkk., 2016 dan Razmjou dkk., 2011). Metode yang digunakan dalam pembuatan membran yaitu teknik inversi fasa, teknik ini mudah diimplementasikan, pembentukan pori dapat dikontrol, dapat digunakan untuk berbagai macam polimer serta ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah (Sofyana dkk., 2020). Membran PES telah banyak dikembangkan dan dimodifikasi sedemikian rupa untuk meningkatkan kualitasnya. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan membran ultrafiltrasi jenis PES dengan rentang ukuran pori yang terbentuk 0,1-0,001 μm akan digunakan dalam penyisihan mikroplastik sehingga dapat mengurangi kadar mikroplastik pada proses penyaringan air baku dalam PDAM.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah di atas, maka pertanyaan penelitian yang harus dijawab adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik morfologi dan gugus fungsi membran yang dihasilkan dari pembuatan membran PES/DMF/ TiO_2 ?

2. Bagaimana fluks dan koefisien rejeksi membran yang dihasilkan dari pembuatan membran PES/DMF/TiO₂ dalam melakukan penyisihan mikroplastik pada air Sungai Krueng Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengkarakterisasi membran yang dihasilkan dari pembuatan membran PES/DMF/TiO₂ menggunakan SEM dan FTIR.
2. Untuk menentukan fluks dan koefisien rejeksi membran yang dihasilkan dari pembuatan membran PES/DMF/TiO₂ dalam melakukan penyisihan mikroplastik pada air Sungai Krueng Aceh.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa pengembangan keilmuan teknik lingkungan, khususnya di bidang teknologi penyisihan mikroplastik menggunakan teknologi membran yang ramah lingkungan. Diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan membran asimetris dengan modul datar atau *hollow fiber* untuk menyisihkan mikroplastik untuk mencapai air bebas akan mikroplastik.

1.5 Batasan Penelitian

Agar nantinya penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap masalah dan tujuan penelitian maka penelitian ini perlu dibatasi.

1. Terdapat beberapa cara dalam mengetahui karakteristik pada membran seperti *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), pengujian sudut kontak (Contact Angle), *Molecular Weight Cut-Off* (MWCO), akan tetapi pada penelitian ini hanya memfokuskan pada SEM dan FTIR.

2. Penelitian ini hanya memfokuskan uji fluks dan koefisien rejeksi dalam mengetahui kinerja membran.
3. Penelitian ini berfokus hanya pada variabel bebas yang mempengaruhi proses dalam penyisihan mikroplastik, diantaranya yaitu persen polimer membran, tekanan pompa terhadap penyisihan mikroplastik pada air Sungai Krueng Aceh.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Ehsani dan Aroujalian (2020), tentang Fabrication of Electrospun Polyethersulfone/Titanium dioxide (PES/TiO₂) Composite Nanofibers Membrane and its Application for Photocatalytic Degradation of Phenol in Aqueous Solution menyatakan bahwa membran nanofibers PES/TiO₂ digunakan untuk menghilangkan fenol sebagai polutan beracun dalam berbagai limbah cair. Banyaknya katalis TiO₂ yang berada dipermukaan serat akan meningkatkan luas permukaan aktif nanopartikel dan akibatnya dapat meningkatkan efisiensi degradasi fenol. Konsentrasi TiO₂ berpengaruh terhadap hidrofilitas, sifat mekanik, porositas, ukuran pori rata-rata dan fluks air membran.

Penelitian yang dilakukan oleh Sotto dkk. (2011), tentang Effect of Nanoparticle Aggregation at Low Concentrations of TiO₂ on the Hydrophilicity, Morphology, and Fouling Resistance of PES–TiO₂ Membranes menyatakan bahwa tingkat perembesan dan penolakan membran, ukuran pori, dan porositas tergantung pada konsentrasi TiO₂. Partikel nano dikarakterisasi dengan pengukuran potensial zeta dengan pengamatan TEM dan pengukuran distribusi ukuran pori. Pengukuran potensial zeta dalam larutan berair menunjukkan bahwa ukuran partikel TiO₂ didominasi oleh interaksi lapisan ganda elektrik. Efek yang diamati dari hasil peningkatan konsentrasi TiO₂ yaitu memicu peningkatan dimensi makrovoid. Membran yang dimodifikasi dengan penggabungan TiO₂ menunjukkan perubahan struktural dari struktur seperti spons menjadi struktur seperti jari. Korelasi yang kuat diamati antara hidrofilitas dan permeabilitas membran yang diproduksi.

Pada penelitian yang dilakukan Li dkk. (2014), tentang Self-assembly of TiO₂ Nanoparticle Around The Pores of PES Ultrafiltration Membrane for Mitigating Organic Fouling bahwasanya menggabungkan self-assembly nanopartikel TiO₂ dengan pembentukan membran PES memiliki karakteristik ukuran partikel 3-5nm yang tersusun sendiri di sekitar pori-pori membran PES. Membran hibrida PES yang dihasilkan menunjukkan peningkatan hidrofilitas,

fluks, dan kinerja antifouling di atas membran yang rapi, termasuk nilai FRR yang lebih tinggi setelah pembilasan air dan laju penurunan fluks yang lebih lambat. Pada penelitian yang dilakukan Ognibene dkk. (2018), tentang Combined Approach To Remove and Fast Detect Heavy Metals in Water Based on PES–TiO₂ Electrospun Mats and Porphyrin Chemosensors bahwasanya membran PES/DMF/TiO₂ digunakan sebagai filter selektif untuk menghilangkan ion timbal dan seng dari air. Kehadiran TiO₂ berfungsi untuk memicu muatan permukaan serat yang memungkinkan kinerja yang lebih baik dalam hal adsorpsi ionic sehubungan dengan tikar PES kosong.

2.1 Sungai Krueng Aceh

Sungai Krueng Aceh merupakan salah satu sumber air baku bagi PDAM di Aceh Besar dan Kota Banda Aceh dan juga merupakan salah satu sungai terbesar di Aceh yang alirannya langsung terhubung dengan Samudera Hindia dan Selat Malaka (Hamdan, 2021 dan Hamdan dkk., 2022). Sungai Krueng Aceh berhulu dari pegunungan wilayah Aceh Besar yaitu Jantho dan mengalir ke pesisir kota Banda Aceh di Gampong Jawa (Suryati dkk., 2020). Sungai Krueng Aceh mengalir di sepanjang kota Banda Aceh, melintasi kawasan pasar dan pemukiman padat penduduk. Sungai Krueng Aceh memiliki banyak kegiatan masyarakat diantaranya: industri pembangkit listrik, hotel, pasar, perumahan dengan kepadatan tinggi, dan bisnis rumahan. Hampir semua kegiatan tersebut menghasilkan limbah domestik yang dibuang ke sungai yang ada di kota Banda Aceh (Gadeng dkk., 2020).

2.2 Mikroplastik

Menurut Basri dkk. (2021), mikroplastik biasanya didefinisikan sebagai partikel atau serat dengan diameter ≤ 5 mm yang terdiri dari polimer, ukuran mikroplastik dapat dibedakan menjadi dua yaitu besar ($1 \leq 5$ mm) dan kecil (1-1000 μ m). Berdasarkan bentuk dan sifatnya, mikroplastik dibagi menjadi dua jenis, yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer berasal dari *microbeads*, kapsul, fiber, dan *pellets*. Mikroplastik sekunder muncul sebagai akibat dari sampah plastik yang terbawa ke lautan, kemudian terurai menjadi plastik yang lebih kecil (Hamdan, 2021 dan Rijal dkk., 2021). Mikroplastik termasuk dalam banyak

kelompok dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat lainnya (Lolodo dan Nugraha, 2020).

Mikroplastik secara luas diklasifikasikan menurut karakteristik morfologi, yaitu ukuran, bentuk, dan warna. Ukuran menjadi faktor penting dalam kaitannya dengan jangkauan pengaruhnya pada organisme. Rasio permukaan ke volume yang besar dari sebuah partikel kecil memberi mikroplastik kemampuan untuk melepaskan bahan kimia dengan cepat bahan kimia (Lusher dkk., 2017). Plastik dibagi menjadi tiga kategori: termoplastik, termoset dan elastomer. Termoplastik melunak saat dipanaskan dan mengeras saat didinginkan, contohnya: polietilen (PE), polipropilen (PP), politetra flouroetilen, poliamid (PA), polivinil klorida (PVC) dan polistirin (PS). Termoset tidak dapat melunak setelah dibentuk, contohnya: resin epoksi, poliuretan (PU), resin polyester, bakalit. Elastomer adalah polimer elastis yang dapat kembali ke bentuk semula setelah diregangkan, contohnya: karet, neoprene (Widianarko dan Hantoro, 2018). Mikroplastik berdasarkan bentuknya disajikan dalam Tabel 2.1 sedangkan Tabel 2.2 Jenis mikroplastik yang banyak ditemukan dan densitasnya.

Tabel 2.1 Klasifikasi mikroplastik

Klasifikasi bentuk	Istilah lain yang digunakan
Fragmen	Partikel tidak beraturan, kristal, bulu bubuk, granula, potongan, serpihan
Serat	Filamen, mikrofiber, helaian, benang
Manik-manik	Biji, bulatan manik kecil, bulatan mikro
Busa	Polistiren
Butiran	Butiran resinat, <i>nurdles</i> , <i>nib</i>

Sumber: Widianarko dan Hantoro (2018)

Tabel 2.2 Jenis mikroplastik

Tipe plastik	Densitas (g/cm³)
Polyethylene	0,917 – 0,965
Polypropylene	0,9 – 0,91
Polystyrene	1,04 – 1,1
Polyamide (nylon)	1,02 – 1,05
Polyester	1,24 – 2,3
Acrylic	1,09 – 1,2
polyoximethylene	1,41 – 1,61
Polyvinyl alcohol	1,19 – 1,31
Polyvinyl chloride	1,16 – 1,58
Poly methyl acylate	1,17 - 1,2
Polyethylene terephthalate	1,37 – 1,45
Alkyd	1,24 – 2,1
polyurethane	1,2

Sumber: Widianarko dan Hantoro (2018)

Sumber mikroplastik terbagi menjadi dua, yaitu sumber primer dan sekunder (Vianti dkk., 2020). Mikroplastik primer adalah plastik murni yang hanyut ke laut, sedangkan mikroplastik sekunder adalah mikroplastik yang disebabkan oleh fragmentasi plastik yang lebih besar. Sumber primer mencakup plastik dalam produk pembersih dan kecantikan, pelet pakan ternak, bubuk plastik, dan umpan pembuatan plastik. Sumber sekunder termasuk serat atau rantai fragmen plastik yang lebih besar yang mungkin terjadi sebelum mikroplastik memasuki lingkungan. Limbah ini berasal dari jarring ikan, bahan baku industri, peralatan rumah tangga, kantong plastik yang dirancang untuk terurai di lingkungan, serat sintetis dari mencuci pakaian, atau akibat pelapukan produk plastik (Victoria., 2017).

Menurut Mardalisa dkk. (2021), mikroplastik juga bisa menjadi kontaminan berbahaya, baik anorganik maupun organik. Kadar mikroplastik tertinggi biasanya ditemukan pada musim hujan, ketika lingkungan pesisir banyak menerima air dari sungai yang mengandung sampah plastik yang mengalir melalui muara (*runoff*) (Mardiyana dan Kristiningsih, 2020). Kehadiran mikroplastik dalam air dapat mengganggu sistem pencernaan organisme laut, dimana hal itu menyebabkan efek, mengurangi laju pertumbuhan, menghambat produksi enzim, mengurangi kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi dan dapat menyebabkan paparan aditif plastik beracun yang lebih besar. Komposisi kimia dari plastik juga akan terserap ke dalam tubuh organisme air jika dikonsumsi oleh manusia maka akan terjadi perpindahan racun (Tuhumury dan Ritonga, 2020). Keberadaan mikroplastik juga berbahaya bagi kesehatan manusia. Mikroplastik yang tertelan didistribusikan melalui sistem peredaran darah dan memasuki jaringan dan sel, berpotensi menghasilkan sejumlah efek samping. Mengonsumsi mikroplastik dapat menyebabkan obesitas dan kanker, bagi wanita mikroplastik dapat menyebabkan kanker payudara (Tobing dkk., 2020). Tabel 2.3 merupakan jenis plastik berdasarkan berat jenis, penggunaan/aplikasi serta efek bagi kesehatan.

Tabel 2.3 Jenis plastik yang umum ditemukan

Jenis	Berat Jenis (g/cm ³)	Penggunaan/Aplikasi	Efek Kesehatan
Polyester (PES)	1,40	Serat, tekstil	Menyebabkan iritasi mata dan saluran pernafasan serta ruam kulit akut
Polyethylene terephthalate (PET)	1,37	Botol minuman berkarbonasi, toples selai kacang, film plastic, kemasan microwave, tabung, pipa, cetakan insulasi	Potensi karsinogen pada manusia
Polyethylene (PE)	0,91-0,96	Berbagai macam kegunaan seperti tas supermarket, botol plastic	
High-density Polyethylene (HDPE)	0,94	Botol detergen, botol susu, tabung, pipa, cetakan insulasi	Pelepasan estrogen kimia yang mengakibatkan perubahan struktur sel manusia
Polyvinyl chloride (PVC)	1,38	Pipa dan talang air, tirai shower, bingkai jendela, film	Menyebabkan kanker, cacat lahir, perubahan genetic, bronchitis kronis, bisul, penyakit kulit, tuli, gagal penglihatan, gangguan pencernaan, dan disfungsi hati
Low-density Polyethylene (LDPE)	0,91-0,93	Perabotan luar ruang, pelapis dinding, ubin lantai tirai kamar mandi, kemasan kulit kerang	
Polypropylene (PP)	0,85-0,83	Tutup botol, sedotan, wadah yogurt, peralatan, sistem pipa tekanan plastic, tangka dan kendi	
Polystyrene (PS)	1,05	Wadah, peralatan makan plastic, gelas sekali pakai, CD, kotak kaset, tangka, kendi, bahan bangunan (isolasi)	Mengiritasi mata, hidung dan tenggorokan dan dapat menyebabkan pusing dan tidak sadarkan diri. Berimigrasi ke makanan dan menyimpannya di lemak tubuh.
High-impact polystyrene (HIPS)	1,08	Liner kulkas, kemasan makanan, cangkir penjual otomatis, elektronik	
Polyamides (nylon)(PA)	1,13-1,35	Bulu sikat gigi, tali pancing, cetakan mesin mobil di bawah	Menyebabkan kanker, alergi kulit, pusing, sakit kepala, nyeri tulang

			kap, membuat film untuk kemasan makanan	belakang, dan disfungsi sistem
Acrylonitrile styrene (ABS)	butadiene	1,06-1,08	Peralatan elektronik (misalnya, monitor komputer, printer, dan keyboard), pipa drainase, palang bumper otomotif	Partikel ultrafine di udara (UFP) konsentrasi dapat dihasilkan saat mencetak dengan ABS, yang menyebabkan stress oksidatif dan pelepasan mediator inflamasi dan dapat menginduksi penyakit jantung, penyakit paru-paru dan efek sistemik lainnya.
Polycarbonate (PC)		1,20-1,22	Compact disk, kaca mata, pelindung, jendela keamanan, lampu lalu lintas, lensa, bahan konstruksi	Bisphenol A dapat dilindi dari polikarbonat produk, yang menyebabkan pergantian fungsi hati, perubahan resistensi insulin, sistem reproduksi, dan fungsi otak
Polycarbonate/acrylonitrile butadiene styrene (PC/ABS)				

Sumber: Li (2018)

2.3 Teknologi Membran

Membran adalah lapisan tipis antara dua fase cair, yaitu fase umpan (*feed*) dan fase permeat, yang bertindak sebagai penghalang (*barrier*) bagi beberapa spesi, dapat memisahkan zat dengan ukuran berbeda dan membatasi pengakutan spesi yang berbeda tergantung pada sifat fisik dan kimianya (Elma, 2017). Membran bersifat semipermeabel, yaitu dapat menahan beberapa spesi yang lebih besar dari ukuran pori membran dan memungkinkan spesi lain yang lebih kecil untuk melewatinya. Sifat selektif membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan. Fungsi membran adalah memisahkan materi sesuai dengan ukuran dan bentuk molekul, mempertahankan komponen umpan yang lebih besar dari pori-pori membran, dan melewatkan partikel yang lebih kecil melewatinya (Wahyusi dkk., 2021). Membran umumnya digunakan dalam pengolahan limbah cair berminyak (Saputra, 2017), pengolahan limbah air asam tambang (Afrianty dkk., 2012) pengolahan limbah cair karet (Dahlan dkk., 2016).

Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan yaitu pemisahannya berlangsung pada suhu ruangan, dapat dilakukan secara kontinu, lebih hemat energi, bervariasi, dapat disesuaikan dengan kebutuhan, membran yang dihasilkan tidak memiliki dampak negative terhadap lingkungan karena tidak menimbulkan (Elma, 2017) . Kinerja suatu membran ditentukan oleh dua faktor sederhana, yaitu fluks (laju permeabilitas) dan selektivitas membran. Terdapat beberapa membran filtrasi diantaranya: membran mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF), dan *Reverse Osmosis* (RO) telah menjadi alat penting dalam pengelolaan air, karena lebih efisien telah terbukti dari teknis dan ekonomis (Kiswanto dkk., 2019).

Berdasarkan gradien tekanan sebagai gaya dorong dan permeabilitas, yaitu:

- a. Mikrofiltrasi (MF) dengan ukuran pori 10 hingga $0,05 \mu\text{m}$ dapat digunakan untuk menahan partikel tersuspensi dan emulsi. Lemak dan partikel kecil seperti mikroorganisme akan tertahan di membran sedangkan senyawa, makromolekul (protein, karbohidrat, gula, garam mineral dan air tidak tertahan di membran. Tekanan dari 0,1 hingga 2 Bar dan batas permeabilitas lebih besar dari $50 \text{ L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$. (mulder 1996)
- b. Ultrafiltrasi (UF) memiliki ukuran pori dari $0,05 \mu\text{m}$ hingga 1 nm. Ultrafiltrasi digunakan untuk mempertahankan makromolekul dan koloid dalam larutan sementara semua garam terlarut dan molekul yang lebih kecil melewati membran. Membran ultrafiltrasi terdiri dari dua jenis produk, yaitu absorben dan retant. Penetrasi mengandung komponen yang lebih kecil yang dapat melewati membran sedangkan penetrasi mengandung endapan. Membran ultrafiltrasi beroperasi pada tekanan dari 1 hingga 5 Bar dan batas permeabilitasnya adalah 10 hingga $50 \text{ L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$.
- c. Nanofiltrasi memiliki ukuran pori sekitar $0,001 \mu\text{m}$. Membran nanofiltrasi dapat memisahkan air dari padatan terlarut, bakteri, virus tetapi tidak dapat memisahkan ion seperti Na, K. Membran nanofiltrasi hanya dapat mengubah air tawar, tetapi tidak dapat mengubah air baku menjadi air minum. Membran nanofiltrasi beroperasi pada tekanan dari 5 hingga 20 Bar dan batas permeabilitasnya mencapai dari 1,4 hingga $12 \text{ L/m}^2\cdot\text{jam}\cdot\text{bar}$.

d. *Reverse Osmosis* (RO) adalah proses pengurangan konsentrasi garam menggunakan membran yang permeabel tetapi impermeabel terhadap garam. Proses *reverse osmosis*, yang dapat menghilangkan kandungan garam dan bahan organik, telah mencapai banyak prestasi di bidang seperti desalinasi air laut, produksi air bersih, dan pengolahan limbah. Dalam proses *reverse osmosis*, air umpan bertekanan digunakan di satu sisi membran. Tekanan air umpan yang digunakan harus lebih besar dari tekanan osmotik untuk menciptakan osmosis balik aliran air. Teknologi reverse osmosis telah menjadi teknologi penting untuk produksi air tawar dengan desain dan pengoperasian yang mudah. Selain itu, reverse osmosis menggunakan energi paling banyak untuk desalinasi air laut. Membran *reverse osmosis* memiliki ukuran pori persepuluh ribu micron, sehingga dapat menghilangkan zat organik, bakteri, patogen, dan koloid yang tertahan di permukaan membran. Membran *reverse osmosis* beroperasi pada tekanan antara 10 hingga 100 Bar dan batas permeabilitasnya mencapai 0,05 hingga 1,4 L/m².jam.bar (Juansah dkk., 2009).

Membran dapat dibuat dari bahan alami maupun sintetis, dimana bahan alami merupakan bahan yang berasal dari alam seperti *pulp* dan kapas, sedangkan bahan sintetis terbuat dari bahan kimia seperti polimer. Membran juga dapat dibuat dari polimer alam (organik) dan polimer anorganik. Membran memiliki dua konfigurasi struktur yang berbeda seperti struktur simetris atau asimetris.

a. Membran simetris

Membran simetris memiliki struktur yang lebih identic, dan ketebalan membran serta sifat transport penampang dapat menentukan fluks. Membran simetris terdiri dari satu lapisan (homogen) dengan ketebalan 10 sampai 200 μm . Membran jenis ini dapat menahan hampir semua partikel umpan di pori-porinya sehingga dapat menyumbat dan mengurangi permeabilitas dengan cepat.

b. Membran asimetrik

Dalam struktur penampang dan transportasi asimetrik, membran memiliki karakter yang sangat bervariasi. Membran asimetrik memiliki kulit yang sangat tipis (0,1 hingga 1 m) dan lapisan yang sangat berpori berukuran 100 hingga 200 m dengan struktur dasar yang tebal. Kulit tipis dan struktur berpori pada asimetris

adalah membran selektif sejati. Membran asimetris terutama digunakan dalam proses membran bertekanan seperti *reverse osmosis*, ultrafiltrasi, atau gas pemisahan dan uap, karena membran asimetris memiliki sifat yaitu fluks yang tinggi dan stabilitas mekanik. Membran asimetris terdiri dari lapisan aktif tipis dan beberapa lapisan pendukung berpori di bawahnya (heterogen). Ukuran dan kerapatan porinya tidak sama dari bagian atas ke bawah. Ketebalan lapisan tipis 0,1-0,5 μm dan lapisan pendukung 50-150 μm (Elma, 2017).

Berdasarkan distribusi porinya, membran dibedakan menjadi 2 yaitu membran berpori (*porous*) dan tidak berpori (*non-porous*). Pada membran *non-porous* senyawa melewati membran berdasarkan perbedaan difusitas senyawa melintasi membran, sedangkan pada membran porous merupakan membran dengan prinsip pemisahan didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Selektivitas proses pemisahan ditentukan oleh ukuran partikel yang akan dipisahkan. Jenis membran ini umumnya digunakan untuk proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Membran berpori berdasarkan ukuran kerapatan pori dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Lestari, 2020):

- a. Makropori : membran dengan ukuran pori $> 50 \text{ nm}$
- b. Mesopori : membran dengan ukuran pori antara 2- 50 nm
- c. Mikropori : membran dengan ukuran pori $< 2 \text{ nm}$

Membran ini digunakan untuk memisahkan partikel besar menjadi makromolekul (mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi). Ukuran pori akan menentukan sifat pemisahan, dengan selektivitas yang tinggi dapat dicapai jika ukuran pori lebih kecil dari ukuran partikel yang akan dipisahkan. Perbedaan ukuran pori pada membran berpori menentukan ukuran partikel yang dapat ditransfer sebagai permeat membran. Tabel 2.4 adalah klasifikasi membran berdasarkan ukuran pori sebagai dasar pemisahan menggunakan membran komersil (Apriwaluyo, 2018).

Tabel 2.4 Klasifikasi ukuran pori pada membran

Proses Separasi	Ukuran Pori	Berat Molekul Da	Partikel
<i>Reverse Osmosis</i>	0,0001	100	Ionik
Nanofiltrasi	0,0001-0,001	100-1000	Molekular
Ultrafiltrasi	0,001-0,1	10^3 - 10^5	Molekular- Makromolekul

Mikrofiltrasi	0,1-10	10^5 - $5 \cdot 10^5$	Makromolekul
Pervaporasi	<1 nm	-	Molekul gas
Separasi gas	<1 nm	-	Molekul gas

Sumber: Apriwaluyo (2018)

2.4 Teknik Pembuatan Membran

Teknik yang digunakan dalam proses pembuatan membran meliputi *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching* dan inversi fasa. Proses pembuatan filter biasanya menggunakan metode inversi fasa. Inversi fasa adalah proses mengubah bentuk polimer dari fase cair menjadi fase padat dalam kondisi yang terkendali. Proses perubahan fasa ini diawali dengan peralihan fasa cair membentuk membran dari satu fasa cair menjadi dua fasa cair (*liquid-liquid demixing*). Pada tahapan tertentu, selama proses *demixing* salah satu fasa cair (fase polimer konsentrasi tinggi) mengalami pembekuan untuk membentuk fase padat. Dengan memantau fase awal dari perubahan fase yang diperoleh, morfologi membran yang dihasilkan ditentukan. Proses inversi fasa meliputi pengendapan dengan evaporasi, presipitasi pelarut, pengendapan dengan mengontrol proses evaporasi, termal presipitasi, Pengendapan fase uap serta Pengendapan imersi. Namun bentuk inversi fasa yang paling umum digunakan adalah pengendapan imersi (*immersion precipitation*) (Mulder, 1996).

Pengendapan imersi (*immersion precipitation*) adalah metode yang digunakan dalam teknologi membran. Larutan polimer dicetak dalam wadah dan direndam dalam bak koagulasi bebas pelarut. Pengendapan disebabkan adanya pertukaran pelarut dan non pelarut. Kondisi yang diperlukan untuk membuat membran dengan proses ini adalah polimer yang digunakan harus larut untuk mendapatkan *liquid-liquid demixing*. Demixing ini merupakan pemadatan untuk membentuk membran dan akan terjadi pertukaran pelarut dengan non pelarut pada membran. Pertukaran pelarut ini menyebabkan polimer membentuk matriks padat menjadi membran. Proses demixing dapat dibagi menjadi dua mekanisme:

- a. *Instantaneous demixing*; adalah proses *demixing* yang terjadi setelah polimer direndam dalam bak koagulasi yang mengandung zat bebas pelarut. Mekanisme ini digambarkan ke dalam diagram tiga fase, sehingga dapat

terlihat bahwa kurva terpotong dalam dua dimensi. Bimodal adalah kurva kesetimbangan dua fase. Jika *mechanism instantaneous demixing* terjadi, maka membran yang terbentuk adalah membran berpori.

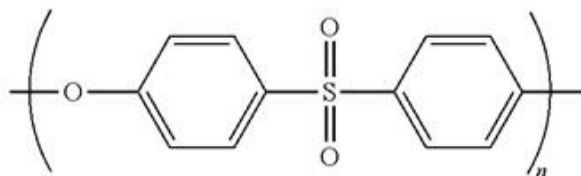
- b. Delayed demixing; adalah demixing yang terjadi beberapa saat setelah polimer direndam dalam bak koagulasi. Mekanisme ini tidak melewatkan dua mode pada skema tiga fase. Membran yang terbentuk adalah membran tidak berpori (Mulder,1999).

Dibandingkan dengan teknik lain, inversi fasa memiliki keunggulan mudah diimplementasikan, dapat mengontrol pembentukan pori, dan dapat digunakan pada berbagai macam polimer (Wenten., dkk 2010). Inversi fasa dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti, *non-solvent induced phase separation* (NIPS) dan *thermal induced phase separation* (TIPS), *evaporation induced phase separation* (EIPS), *vapor-induced phase separation* (VIPS) (Fathanah dkk., 2019).

2.5 Bahan Baku Pembuatan Membran

2.5.1 Polietersulfon (PES)

Polietersulfon (PES) dengan struktur kimia yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 merupakan polimer yang sangat umum dan banyak digunakan sebagai bahan substrat untuk pembuatan membran ultrafiltrasi dan mikroplastik. Membran PES berupa larutan transparan stabil pada suhu tinggi hingga 210°C. PES memiliki keunggulan toleransi pH yang luas baik dalam produksi maupun saat aplikasi, serta memiliki ketahanan klorin yang baik (Aprilia dkk., 2018). Sudut kontak membran PES murni adalah 88,6° yang menunjukkan bahwa PES cukup hidrofobik (Fathanah dkk., 2020). PES banyak digunakan karena ketahanan kimia, mekanik dan termal serta kinerja yang baik dalam hal ketahanan lingkungan dan kemudahan penanganan. Ketahanan lingkungan PES memungkinkannya untuk bertahan terhadap kondisi pH atau kondisi yang mungkin memerlukan pembersihan bahan kimia keras (Ahmad dkk., 2019). Tabel 2.5 merupakan peak transmitan membran PES.



Gambar 2.1 Struktur kimia polyethersulfone
Sumber: Razi dkk. (2012)

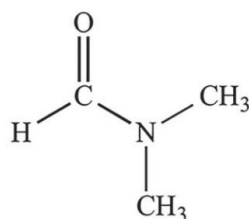
Tabel 2.5 Tabel peak transmittan membran PES

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang
C-H aromatic	867 cm^{-1}
C-O-C	1242 cm^{-1}
C=C	1485 cm^{-1}
O=S=O	1153 cm^{-1}

Sumber: Mustabsyirah dkk (2022)

2.5.2 N,N-Dimethylformamide (DMF)

N,N-Dimethylformamide (DMF) merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $(\text{CH}_3)_2\text{NCHO}$ dengan struktur kimia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. N,N-Dimethylformamide adalah suatu amida yang dibentuk oleh N-alkil tersubstitusi atau N,N-dialkil tersubstitusi dan amida relatif stabil dalam air. DMF diklasifikasikan sebagai senyawa amida dan basa lemah, bentuk DMF adalah cairan tidak berwarna yang larut dengan air dan sebagian besar cairan organik (OS dkk., 2013). DMF adalah pelarut umum untuk reaksi kimia. DMF murni tidak berbau sedangkan DMF kualitas atau teknis terdegradasi biasanya memiliki bau amis karena pengotor berupa dimetilamina (Hayyu dan Vivin 2021). Pelarut merupakan bagian penting dalam menentukan morfologi membran. Terdapat beberapa jenis pelarut organik yang biasa digunakan seperti NMP, DMAC, dan DMF memiliki kelarutan polimer yang baik (Lestari dkk., 2021). N,N-Dimethylformamide (DMF) adalah pelarut polar protik yang populer, murah, dan banyak digunakan sebagai pelarut dalam berbagai reaksi organik (Liu dkk., 2017).

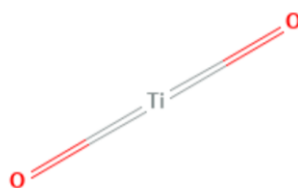


Gambar 2.2 Struktur kimia N,N-Dimethylformamide
 Sumber: Basma dkk. (2019)

2.5.3 Titanium dioxide (TiO₂)

Titanium dioxide (TiO₂) dengan struktur kimia seperti pada Gambar 2.3 adalah bubuk putih, tidak berbau dan tidak mudah terbakar. Ada banyak nama berbeda untuk titanium dioksida seperti titanium (IV) oksida, titania, *titanic acid anhydride* dan *Ti white* (Çeşmeli dan Biray Avci, 2019). TiO₂ merupakan salah satu zat aditif yang sering digunakan dalam pembuatan polimer, TiO₂ dapat menjadi alternatif yang tepat karena luas permukaannya yang tinggi, bahan kimia stabilitas, meningkatkan hidrofilitas membran, antibakteri, toksisitas rendah, *self-cleaning* membran dan efektivitas biaya (Mataram dkk., 2021; Mojdehi dkk., 2019).

Baru-baru ini TiO₂ telah mendapat perhatian besar sebagai pengisi nanofabrikasi membran komposit karena bersifat hidrofilitas, fotoaktivitas, antimikroba, dan aktivitas pembersihan diri. Studi sebelumnya juga mengungkapkan bahwa keberadaan TiO₂ di matriks membran polimer telah terbukti secara signifikan mengurangi kecenderungan fouling dari membran. Tingkat perembesan dan penolakan, ukuran pori, dan porositas PES-TiO₂ dan konsentrasi pelarut (Kusworo dkk., 2021).



Gambar 2.3 Struktur kimia titanium dioksida
 Sumber: Pubchem,(2023)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Teknik Studi Literatur

Teknik studi literatur menekankan pada referensi atau literatur mana yang diterima sebagai referensi bagi peneliti untuk melakukan penelitian. Kajian pustaka memberikan banyak informasi kepada peneliti, namun tidak semua informasi layak digunakan sebagai sumber kajian pustaka, hanya artikel dan hasil penelitian yang dapat dijadikan referensi. Tinjauan literatur dapat menunjukkan bahwa peneliti memahami topik dan pengetahuan yang mereka selidiki dan mengetahui perkembangan terbaru di lapangan. Teknik studi literatur ini diperoleh dari buku, laporan penelitian, skripsi, jurnal ilmiah dari berbagai teori- teori yang relevan sesuai dengan topik dan masalah penelitian yang telah ditetapkan, sehingga penelitian yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang akan mempengaruhi perubahan, atau variabel yang dapat dimanipulasi untuk menentukan antara perubahan mana yang akan diamati. Variabel bebas meliputi persen polimer membran PES 15 % dan 20% dan luas permukaan membran.

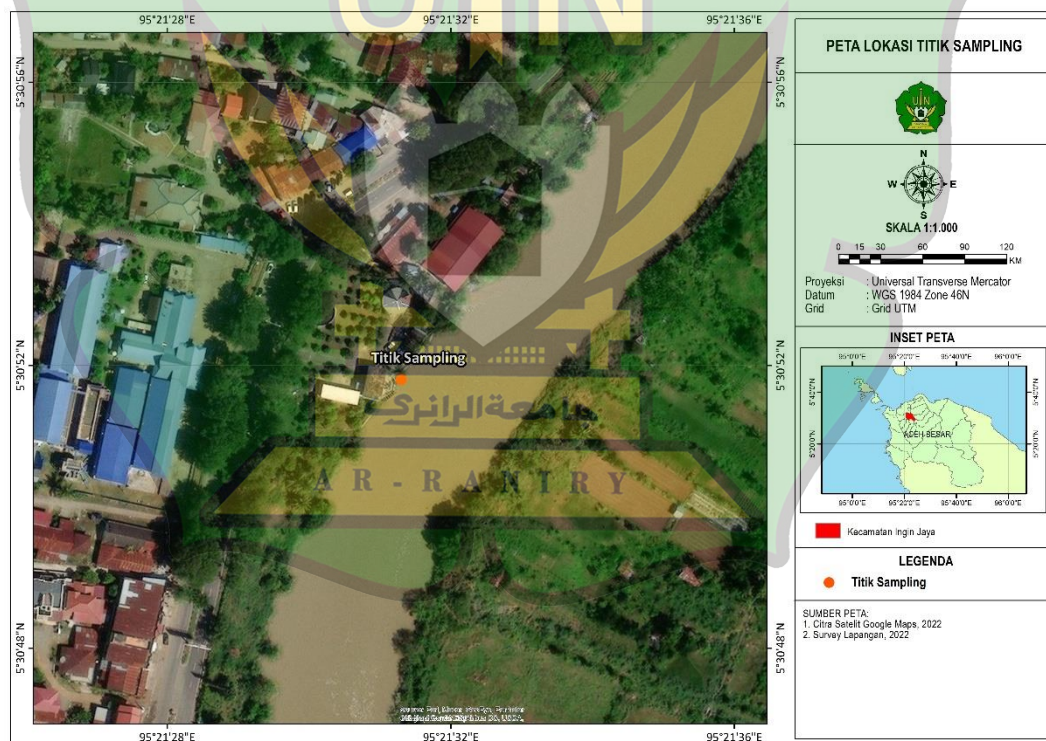
3.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur untuk mengetahui pengaruh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini meliputi karakteristik membran, koefisien rejeksi mikroplastik, dan fluks.

3.3 Sampel Air

3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel air sungai dilakukan di Sungai Krueng Aceh yang berlokasi di Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya dengan titik koordinat 5,514378, 95,358704 pada tanggal 6 desember 2022. Lokasi ini dipilih karena Sungai Krueng Aceh merupakan sumber utama atau penyuplai air baku bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Daroy Banda Aceh dan PDAM Tirta Mountala Aceh Besar. Berdasarkan hasil uji pendahuluan telah didapatkan kandungan mikroplastik pada air produksi sebanyak 30 partikel/mL. Air Sungai Krueng Aceh dinyatakan mengandung mikroplastik oleh Hanafiah (2022) yang diliput dalam *Mongabay*. Didapatkan mikroplastik di Sungai Krueng Aceh sebanyak 150 partikel/100L yang diamati menggunakan mikroskop stereo. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel

3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan dengan SNI 6989.59.2008 yang terdapat pada Lampiran 2. Pengambilan sampel dapat dilakukan dengan dua cara, secara manual dan secara otomatis. Namun pada penelitian ini sampel akan diambil secara manual, karena mudah diatur waktu, tempatnya, biaya yang rendah dan juga dapat menggunakan peralatan yang diinginkan. Sampel air diambil dengan *grab sample*. *Grab sample* adalah pemantauan secara manual yang dilakukan dengan pengambilan sampel terlebih dahulu kemudian melakukan analisis lebih lanjut di laboratorium. Teknik pengambilan sampel mikroplastik yaitu dengan memasukkan air yang mengandung mikroplastik dalam drum jerigen lalu ditunggu sesaat sampai botol plastik penuh.



Gambar 3.2 Pengambilan sampel

3.4 Sintesis Membran

3.4.1 Bahan Pembuatan Membran PES

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan membran PES ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Bahan dalam pembuatan membran PES

Bahan	Jumlah	Satuan	Produsen	Fungsi
PES	10,5	gram	BASF The Chemical Company	Sebagai bahan utama dalam pembuatan membran
DMF	48,6	ml	Leres Mart (Tokopedia)	Sebagai pelarut dalam pembuatan membran yang mempunyai pori rapat
TiO ₂	0,9	gram	Jeungki Mali	Untuk memperbaiki pori dari membran
Aquades	10	liter	Laboratorium Kimia UIN Ar-Raniry	Sebagai bahan untuk melepaskan membran dari wadah

3.4.2 Waktu dan Tempat Pembuatan Membran PES

Pembuatan membran PES dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh pada 3-4 Oktober 2022.

3.4.3 Prosedur Sintesis Membran PES

Dalam pembuatan membran PES akan melalui beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut (Hidayat dkk., 2019):

1. PES dan TiO₂ masing-masing ditimbang sebanyak 4,5 gram, 0,45 gram menggunakan timbangan analitik untuk persentase PES 15%.
2. PES dan TiO₂ masing-masing ditimbang sebanyak 6 gram, 0,45 gram menggunakan timbangan analitik untuk persentase PES 20%.
3. 25,05 ml DMF ditambahkan menggunakan pipet volume sebagai pelarut dan 0,45 gram TiO₂ ditambahkan sebagai zat aditif, kemudian dimasukkan ke dalam botol durant lalu diberi label PES 15%.
4. 23,55 ml DMF ditambahkan menggunakan pipet volume sebagai pelarut dan ditambahkan 0,45 gram TiO₂ sebagai zat aditif kemudian dimasukkan ke dalam botol durant lalu diberi label PES 20%.

5. Kemudian botol durant yang telah berisi larutan *dope* dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu 60°C. Setelah homogenisasi, diamkan larutan *dope* selama 15 menit.
6. 4,5 gram PES ditambahkan pada larutan DMF/TiO₂ 15% dan 6gram PES pada larutan DMF/TiO₂ 20%.
7. Setelah larutan *dope* tercampur, diaduk kembali selama 24 jam.
8. Setelah diaduk selama 24 jam, diamkan larutan *dope* selama 2 jam untuk menghilangkan *bubbling* yang ada pada larutan *dope*.
9. Setelah tidak adanya *bubbling* pada larutan *dope*, larutan tersebut dituangkan pada plat kaca yang telah dibersihkan dan diberikan lakban pada setiap sisi plat kaca lalu cetak larutan *dope*.
10. Kemudian plat kaca tersebut direndam dalam bak koagulasi yang berisi aquades, yang berguna sebagai tempat pertukaran solvent dan non-solvent.
11. Setelah itu, tunggu beberapa saat sampai dengan membran terlepas dari plat kaca sehingga muncul ke permukaan air.

Formulasi larutan *dope* yang digunakan dalam pembuatan membran PES dengan variasi konsentrasi polimer sesuai variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Formulasi dope untuk membuat membran

Nama Membran	Formulasi <i>dope</i> (% berat)		
	PES	TiO ₂	DMF
PES 15%	15	1,5	83,25
PES 20%	20	1,5	78,5

3.5 Karakterisasi Membran

Salah satu poin penting yang harus diperhatikan yaitu karakteristik membran. Struktur dan karakteristik masing-masing membran berbeda-beda sesuai dengan metode, bahan, dan juga rasio yang digunakan dalam proses pembuatannya. Sedangkan dampak implikasinya adalah pada kapasitas dan sifat dari membran itu sendiri. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan sifat membran, antara lain:

3.5.1 Analisis Morfologi Membran

Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) jenis Hitachi SU3500 merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui struktur morfologi suatu membran. Pengukuran SEM bertujuan untuk melihat bentuk struktur pori pada permukaan, penampang melintang membran dan pada dinding *macrovoid* dengan cara menembakkan sinar elektron ke dalam ruang hampa. Elektron sekunder akan dilepaskan dari permukaan dan terdeteksi. Hasil analisis dengan SEM ini adalah gambar polaroid dan mampu menangkap gambar dengan perbesaran yang diinginkan. Untuk melihat permukaan membran PES dapat menggunakan perbesaran dengan *range* 10.000-20.000 kali sedangkan untuk melihat penampang melintang membran PES dapat menggunakan perbesaran dengan *range* 200-500 kali. Sampel diambil dengan luasan kecil yaitu 5 mm - 6 mm dalam kondisi kering. Kondisi sampel yang akan diuji harus kering serta dan dilapisi bahan yang konduktif terlebih dahulu (Fadli dkk., 2021). Pelapisan bahan konduktif dapat dilakukan dengan *sputtering machine* dengan bahan konduktif yang biasa digunakan C, Au, Pt (Adhika dkk., 2018).

Hasil karakterisasi SEM dianalisis menggunakan *software ImageJ*, yaitu dengan melakukan kalibrasi ukuran pixel gambar dengan ukuran referensi. Ukuran referensi biasanya terletak pada gambar hasil SEM sebagai garis skala untuk menunjukkan besarnya pembesaran yang dilakukan (Kurniawan dkk., 2011). Setelah melakukan kalibrasi ukuran maka dapat memulai pengukuran dengan menarik garis lalu klik *measure* untuk melihat data yang didapatkan. Data yang dihasilkan oleh *software Imagej* disimpan dalam bentuk excel.

3.5.2 Analisis Gugus Fungsi

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi bahan yang tidak diketahui, menentukan kualitas sampel, dan mengidentifikasi gugus fungsi dalam sampel. Melalui radiasi *infrared* akan diserap dan sebagian lainnya akan diteruskan. Hasil pengujian akan menampilkan grafik dengan puncak yang mewakili jumlah dari ikatan tertentu yang ada dalam sampel. Metode spektroskopi memiliki peran penting dalam

karakterisasi polimer. Spektroskopi adalah suatu teknik eksperimen yang memudahkan untuk mendapatkan spektrum dari suatu sampel dalam berupa cairan, padat atau gas yang diuji. Membran dengan diameter kurang lebih 1 cm, kemudian dikeringkan dan diobservasi menggunakan FTIR. Kemudian diukur menggunakan FTIR dengan jenis Perkin Elmer tipe spectrum two pada bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} .

Untuk menganalisis spektrum FTIR dapat menggunakan *software* Origin. Ada dua pilihan dalam menampilkan spektra FTIR, yakni sumbu Y dapat ditampilkan sebagai absorbansi atau sebagai persen transmitansi. Data spektra FTIR dapat di plot dengan berbagai jenis model.

3.6 Desain Unit Filtrasi

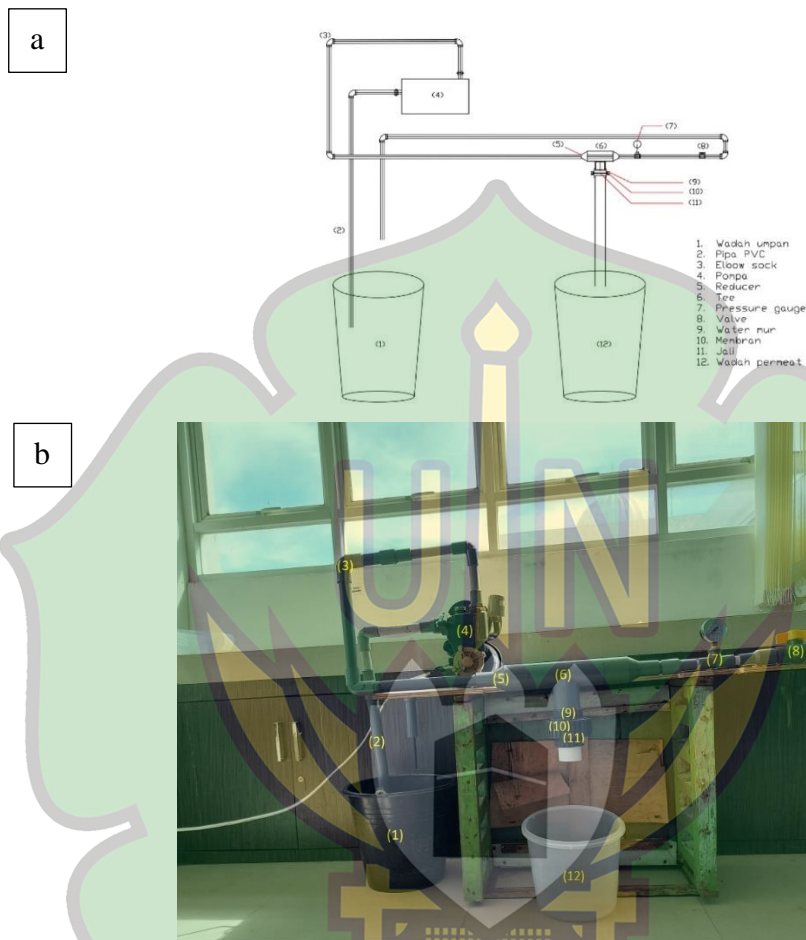
3.6.1 Alat dan Bahan Unit Filtrasi

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan unit filtrasi ini ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Alat dan bahan dalam pembuatan unit filtrasi

Nama	Besar	Satuan	Fungsi
<i>Pressure gauge</i>	1	Buah	Untuk menunjukkan tekanan di dalam reactor.
<i>Valve</i>	1	Buah	Untuk mengatur flow yang kembali ke wadah.
<i>Water mur</i>	1	Buah	Untuk menutup rapat membran dalam unit agar tidak bocor.
<i>Elbow</i>	5	Buah	Untuk menyambungkan satu pipa dengan pipa lainnya.
<i>Reducer</i>	1	Buah	Digunakan ketika ukuran pipa diubah dari ukuran besar ke ukuran yang lebih kecil.
<i>Tee</i>	1	Buah	Untuk membagi atau menggabungkan fluida dengan dipasang di antara tiga pipa.
Jali	1	Buah	Untuk alas peletakan dan penahan membran.
Pompa	1	Buah	Untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan.
Pipa pvc	6	Meter	Sebagai media dalam melewati air.

3.6.2 Desain Unit Filtrasi



Gambar 3.3 (a) Rancangan unit filtrasi (b) bentuk asli unit filtrasi

3.7 Prosedur Eksperimen Konversi Membran Ultrafiltrasi PES

1. 10 liter air Sungai Krueng Aceh disiapkan untuk digunakan dalam proses penyisihan mikroplastik.
2. Membran diletakkan pada jali unit filtrasi, kemudian tutup tempat peletakan membran dengan memutar *water mur* ke arah kanan. Pastikan *water mur* dalam keadaan tertutup rapat agar tidak terjadi kebocoran.
3. Air Sungai Krueng Aceh diletakkan di ember umpan sebagai sampel yang akan dilakukan filtrasi.

4. Setelah pompa dinyalakan, pompa diberikan kontrol berupa penggunaan *valve* hingga tekanan mencapai 2,5 bar.
5. *Running* air Sungai Krueng Aceh. Air dari Sungai Krueng Aceh yang melewati membran disimpan dalam ember untuk dianalisis mikroplastik.
6. *Retentate*/aliran yang tidak dapat melewati membran dialirkan kembali ke ember penampung pada air Sungai Krueng Aceh atau ember umpan.

3.8 Analisis Mikroplastik

3.8.1 Bahan Analisis Mikroplastik

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam analisis mikroplastik yang ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Bahan preparasi sampel

Bahan	Produsen	Jumlah	Satuan	Fungsi
Air Sungai Krueng Aceh		10	Liter	Sebagai sampel penelitian
H ₂ O ₂ 30%	Cv.Rudang Jaya	20	ml	Melarutkan/menghilangkan bahan organik pada sampel mikroplastik
NaCl	Cv.Rudang Jaya	300	ml	<ul style="list-style-type: none"> • Memisahkan densitas sampel • Mengapungkan partikel-partikel mikroplastik yang terkandung di dalam sampel
Aquades	Lab. Kimia dasar	300	ml	Kalibrasi alat

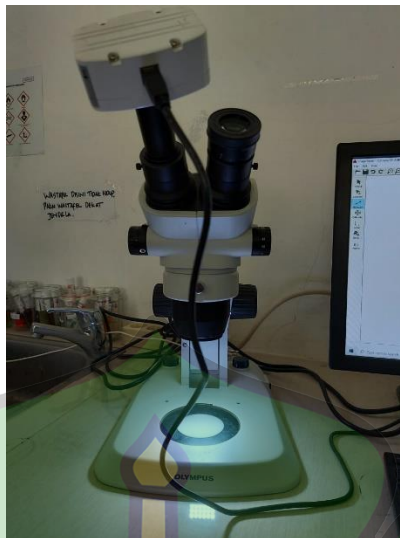
3.8.2 Tempat Preparasi dan Pengukuran Sampel

Analisis tahap preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Identifikasi dan pengukuran mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop stereo tipe XTL-3400 dengan perbesaran 10 × 4,5 (Labibah dan Triajie, 2020) yang akan dilakukan di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Proses uji coba membran pada unit filtrasi dilakukan di Laboratorium Hidrolika UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

3.8.3 Prosedur Analisis Mikroplastik

Pada penelitian ini analisis mikroplastik dilakukan di laboratorium menggunakan alat mikroskop stereo tipe XTL-3400 dengan perbesaran $10 \times 4,5$. Yang bertujuan untuk mengetahui macam-macam bentuk mikroplastik yang terdapat pada sampel (Labibah dan Triajie, 2020). Adapun tahapan dalam analisis mikroplastik sebagai berikut:

1. 300 ml air Sungai Krueng Aceh dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1000 ml, serta ditambahkan NaCl sebanyak 300 ml (Mauludy dkk., 2019).
2. Air Sungai Krueng Aceh yang telah ditambahkan larutan NaCl dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit.
3. Kemudian dilakukan pengadukan, air Sungai Krueng Aceh didiamkan selama 24 jam, mikroplastik yang berukuran ringan akan terpisah dan berada di bagian atas (Mauludy dkk., 2019).
4. Setelah sampel didiamkan ditambahkan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml. Kemudian homogenkan air Sungai Krueng Aceh menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu $75^\circ C$ (Mauludy dkk., 2019).
5. Setelah dilakukan pengadukan, air Sungai Krueng Aceh didiamkan selama 48 jam. Tahap penambahan H_2O_2 30% ini dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang ada pada sedimen.
6. Penyaringan mikroplastik yang berada di bagian atas menggunakan kertas saring *Whatman* No.42, selanjutnya kertas saring diletakkan pada cawan petri dan dikeringkan menggunakan desikator selama 24 jam.
7. Selanjutnya dilakukan identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop stereo tipe XTL-3400 dengan perbesaran $10 \times 4,5$ (Labibah dan Triajie, 2020). Di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Alat mikroskop binokuler dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pengamatan mikroplastik menggunakan mikroskop stereo

Mikroplastik yang diamati dengan mikroskop stereo dengan cara sebagai berikut:

1. Sampel yang telah disaring dengan membran PES ditempatkan dalam cawan petri.
2. Tempatkan cawan petri yang berisi membran yang mengandung mikroplastik di atas meja objektif mikroskop.
3. Sesuaikan intensitas cahaya dengan memutar sekrup pengatur intensitas cahaya.
4. sesuaikan ketinggian cahaya lampu dengan memutar makrometer.
5. Cari bagian dari objek sampel yang mengandung mikroplastik, untuk mendapatkan gambar yang jelas, anda dapat memutar sekrup secara vertikal dan horizontal.
6. Putar *Revolving nosepiece* ke perbesaran objek 10 x 4,5 lalu kencangkan sekrup kasar untuk menggerakkan lamp uke atas untuk menemukan fokus.
7. Putar sekrup kecil untuk mendapatkan gambar yang lebih tajam.
8. Hapus bayangan dengan menempatkan kondensor di posisi tertinggi.
9. Setelah mendapatkan hasil mikroplastik klik *capture* pada komputer yang terhubung.

Setelah mendapatkan hasil, dihitung kelimpahan mikroplastik dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$K = n/m \quad (3.1)$$

Dengan:

K : kelimpahan mikroplastik (partikel/L)

n : jumlah mikroplastik (partikel)

m : volume sampel air (L) (Laila dkk., 2020).

Jumlah mikroplastik (n) diperoleh dengan perhitungan manual dari pengamatan yang dilakukan setelah menyaring sampel dengan membran dan mengamati mikroplastik menggunakan mikroskop.

Tata cara pengamatan partikel mikroplastik di bawah mikroskop adalah sebagai berikut (Artanti dkk., 2018):

1. Preparat yang telah disiapkan diletakkan di atas meja objek dan diposisikan sedemikian rupa sehingga letaknya terdapat tepat di bawah lensa objektif.
2. Gunakan pengaturan alat untuk menggeser kekanan kekiri, depan, dan belakang.
3. Intensitas cahaya diatur agar cahaya dapat melewati preparat sesuai kebutuhan.
4. Untuk jarak, perlu menggunakan pengatur kasar lalu diikuti dengan pengatur halus untuk mendapatkan citra mikroplastik yang jelas.
5. Setelah memastikan jarak dan pengaturan intensitas cahaya, pengamatan mikropastik dilakukan berdasarkan referensi yang diperoleh.

3.8.4 Penentuan Jenis Mikroplastik

Analisis spektroskopi dilakukan menggunakan FTIR dengan jenis Perkin Elmer tipe spectrum two pada bilangan gelombang $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 1 cm^{-1} . Analisa gugus fungsi digunakan untuk mengetahui gugus fungsional yang dimiliki oleh suatu sampel. Untuk mempreparasi spektra FTIR dapat menggunakan *software* Origin. Ada dua pilihan dalam menampilkan spektra FTIR, yakni sumbu Y dapat ditampilkan sebagai absorbansi atau sebagai persen transmitansi. Pada

spektra tersebut, pita serapan sebenarnya bukanlah suatu *peak*, namun lembah atau bisa disebut *peak* negatif. Data spektra FTIR dapat di plot dengan berbagai jenis model.

3.9 Uji Kinerja Membran

3.9.1 Analisis Fluks Membran

Tahap ini bertujuan untuk menentukan volume signifikan air yang diproduksi oleh membran relative terhadap suplai air. Selanjutnya, nilai fluks dari membran ditentukan. Penentuan nilai fluks (*j*) dilakukan dengan melewatkan air murni melalui membran. Nilai fluks (*J*) pada setiap tekanan operasi diperoleh dengan membagi gradien kurva aliran permeat (*V*) terhadap waktu (*t*) pada laju konstan dengan luas permukaan membran (*A*) (Haji dkk., 2021). Analisis fluks membran dapat dihitung menggunakan persamaan II.

$$J = \frac{V}{A \times t} \quad (3.2)$$

Dengan:

J = Fluks (L/m².jam)

V = Volume permeat (L)

A = Luas permukaan membran (m²)

t = Waktu (jam)

3.9.2 Analisis Koefisien Rejeksi Mikroplastik

Pengukuran koefisien rejeksi dilakukan untuk mengetahui seberapa kemampuan suatu membran untuk menahan atau melewati suatu spesi. *Permeate* dari proses sebelumnya kemudian dianalisis dengan *spektrofotometer* untuk menentukan konsentrasi *permeate*. Konsentrasi *permeate* yang tidak melewati membran, yang digunakan untuk menentukan faktor rejeksi mikroplastik. Koefisien rejeksi (*R*) yang diharapkan adalah lebih besar dari 90%. Dengan mengulangi langkah yang sama untuk dua sampel membran lainnya untuk setiap komposisi bahan pembuat membran kemudian dihitung faktor koefisien rejeksinya

menggunakan persamaan (Haji dkk., 2020). Analisis koefisien rejeksi mikroplastik dapat dihitung menggunakan persamaan III.

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan:

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi kelimpahan mikroplastik dalam *permeate* (mg/L)

C_f = Konsentrasi kelimpahan mikroplastik dalam umpan (mg/L)



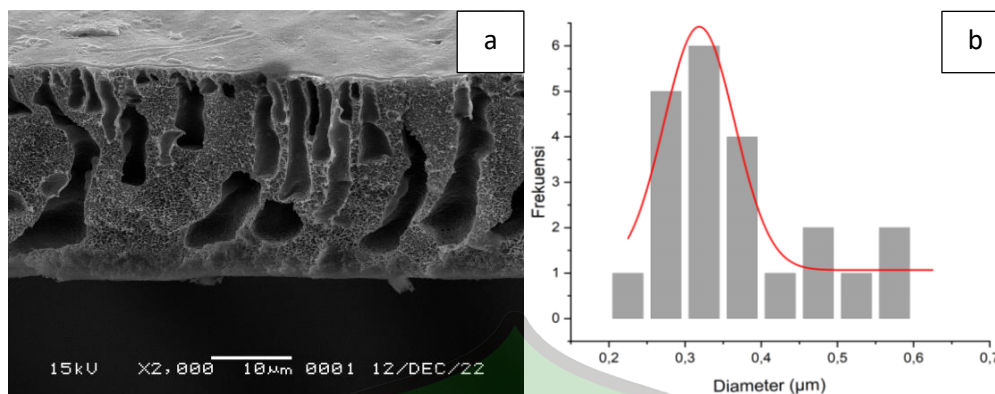
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Membran PES/DMF/TiO₂

4.1.1 Analisa Morfologi Membran PES/DMF/TiO₂

Foto SEM terhadap struktur membran pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 4.1. (a) merupakan gambar penampang melintang membran PES 15% dengan perbesaran 2.000 kali. Struktur membran PES 15% berbentuk seperti jari (*finger like macrovoid*), lapisan atas berukuran kecil dan bawah terlihat berpori dengan ukuran *makrovoid* dan adanya bentuk *sponge*. Berdasarkan perhitungan skala citra SEM, membran PES 15% dapat memiliki ukuran pori *finger-like* dengan rata-rata 2.017 μm dan standar deviasi sebesar 16733,09 μm . Distribusi ukuran pori mempengaruhi distribusi ukuran partikel yang akan masuk ke dalam pori membran.

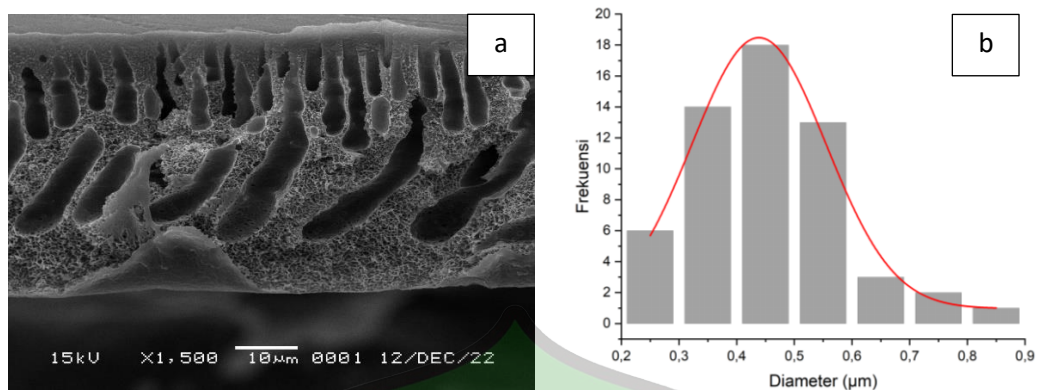
Dari gambar 4.1 (b) merupakan gambar distribusi pori penampang melintang membran PES 15% yang terlihat tidak rata. Hal ini terjadi karena aditif TiO₂ tidak larut sempurna selama pembuatan larutan *dope*. Tidak larutnya TiO₂ dengan sempurna dikarenakan pada saat pembuatan membran, larutan *dope* yang berisi DMF dan TiO₂ tidak dilakukan ultrasonik sehingga mengakibatkan aglomerasi. Aglomerasi merupakan proses menggumpalkan partikel-partikel kecil atau halus sehingga menjadi besar atau kasar (Aprilia and Nasrul, 2016). Ukuran pori membran akan meningkat dengan meningkatkan kandungan TiO₂. Karena sifat hidrofilik TiO₂, penggabungan nanopartikel TiO₂ ke dalam struktur nanofilber dapat meningkatkan hidrofilitas membran (Ehsani dan Aroujalian, 2020). Penambahan TiO₂ ke dalam larutan polimer menghasilkan peningkatan dimensi makrovoid. Makrovoid merupakan Kehadiran makrovoid yang lebih tinggi dengan struktur seperti jari diakibatkan karena efek hambatan nanopartikel selama proses inversi fasa (Sotto dkk., 2011).



Gambar 4.1 (a) Penampang melintang PES 15%, (b) Distribusi ukuran pori membran PES 15%

Adapun Gambar 4.2 (a) merupakan penampang melintang membran PES 20% dengan perbesaran 1.500 kali. Berdasarkan perhitungan skala citra SEM diketahui membran PES 20% memiliki ukuran pori *finger-like* dengan rata-rata 2.817 μm dan standar deviasi sebesar 19021,61. Membran PES 20% memiliki struktur penampang melintang seperti jari (*finger-like macrovoid*) dengan jumlah yang lebih banyak dan besar dibandingkan dengan membran PES 15%. *Finger-like macrovoid* umumnya terjadi pada membran asimetrik, hal ini terjadi karena cairan berviskositas tinggi pada membran terdifusi oleh cairan berviskositas rendah sehingga menimbulkan rongga berbentuk jari atau sering disebut *finger-like macrovoid* (Fadli dkk., 2021).

Dari gambar 4.2 (b) merupakan gambar distribusi pori penampang melintang membran PES 20% yang terlihat tidak rata seperti membran PES 15% pada gambar 4.1.(b). Berdasarkan data yang diperoleh, membran PES/DMF menggunakan aditif TiO₂ yang bersifat hidrofilik, yang menyebabkan terhambatnya pertukaran pelarut-nonpelarut selama proses solidifikasi. Selain itu, perlambatan ini menyebabkan tumbuhnya rongga/pori pada struktur membran dan membran menjadi lebih porous (Lusiana dan Prasetya, 2020).



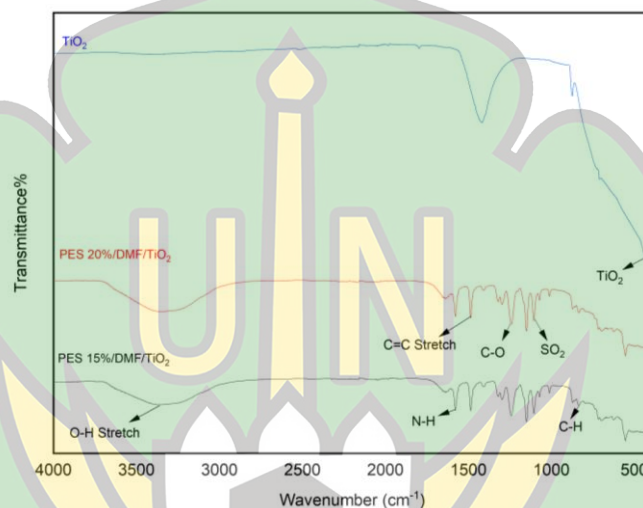
Gambar 4.2 (a) Penampang melintang PES 20%, (b) Distribusi ukuran pori membran PES 20%

4.1.2 Analisa Uji Gugus Fungsi Membran

Analisa FTIR pada membran untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada membran. Karakterisasi spektrum IR pada membran PES 15% dan membran PES 20%, ditunjukkan pada Gambar 4.3. Berdasarkan Gambar 4.3 spektrum yang diperoleh dari uji FTIR menunjukkan bahwa semua membran memiliki spektrum yang hampir sama antara satu membran dengan membran yang lainnya. Semua bilangan gelombang yang muncul berkaitan dengan getaran atom yang berasal dari material yang spesifik untuk PES. Analisa FTIR untuk membran PES 15% dan 20% diperoleh gugus fungsi O-H stretch pada panjang gelombang $3368,35\text{ cm}^{-1}$ dan $3367,76\text{ cm}^{-1}$ yang merujuk (Nurratri dkk., 2020). Polimer PES tidak memiliki ikatan O-H dalam strukturnya, peak yang muncul pada bilangan 3368,35, dan 3367,76 menunjukkan adanya molekul air yang disebabkan tidak dilakukannya pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 1 jam pada membran sebelum dilakukannya uji FTIR. Gugus fungsi C=C diperoleh pada membran PES 15% dan 20% dengan panjang gelombang $1485,27\text{ cm}^{-1}$ dan $1485,62\text{ cm}^{-1}$ yang merujuk (Fathanah dan Meilina, 2021). Gugus fungsi C-O stretch diperoleh pada membran PES 15% dan 20% pada panjang gelombang $1240,09\text{ cm}^{-1}$ dan $1240,29\text{ cm}^{-1}$ (Fathanah dan Meilina, 2021).

Gugus fungsi SO_2 diperoleh pada membran PES 15% dan 20% dengan panjang gelombang $1105,09\text{ cm}^{-1}$ dan $1105,22\text{ cm}^{-1}$ merujuk Safitri dkk. (2013). Semua bilangan gelombang yang muncul berkaitan dengan getaran atom yang

berasal dari material yang mencirikan adanya PES. Diperoleh gugus fungsi C-H pada membran PES 15% dan 20% dengan panjang gelombang 834,61 cm^{-1} dan 1011,23 cm^{-1} merujuk Fathanah dkk. (2019). Gugus fungsi N-H diperoleh pada panjang gelombang 1577,85 cm^{-1} dan 1577,87 cm^{-1} merujuk Fathanah dkk. (2019). Diperoleh gugus fungsi TiO_2 dengan panjang gelombang 486 cm^{-1} merujuk (Kusworo dkk., 2021). Tabel spektrum FTIR membran dengan variasi PES dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.3 Hasil analisa FTIR membran PES 15%/DMF/ TiO_2 , PES 20%/DMF/ TiO_2 dan TiO_2

Tabel 4.1 Spektrum FTIR membran PES 15% dan 20%.

Rentang Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Gugus Fungsi
	PES 15%	PES 20%	
3400-3200	3368,35	3367,76	O-H
1485-1445	1485,27	1485,62	C=C
1240-1190	1240,09	1240,29	C-O
1200-1100	1105,09	1105,22	SO_2
900-670	834,61	1011,23	C-H
1460-1560	1577,85	1577,87	N-H
0-432,0	486	486	TiO_2

4.2 Karakteristik Mikroplastik

4.2.1 Bentuk dan Kelimpahan Mikroplastik

Berdasarkan hasil pengamatan mikroplastik dengan mikroskop stereo, ditemukan adanya partikel mikroplastik yang terkandung di dalam air Sungai Krueng Aceh, yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Bentuk mikroplastik yang ditemukan di Sungai Krueng Aceh berupa film, fragmen dan fiber. Mikroplastik yang masuk ke badan air melalui saluran limbah domestik biasanya meliputi *poliamide* (PA), *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS). Mikroplastik tersebut berasal dari produk pembersih dan kecantikan, kantong plastik, pelapukan produk plastik dan serat sintetis dari pencucian pakaian. (Victoria, 2017).

Pada penelitian ini ditemukan mikroplastik di Sungai Krueng Aceh dengan jenis PA, PP dan PS. Menurut Li (2018) densitas mikroplastik jenis PA sebesar 1.130-1.350 Kg/m³, PE 910-960 Kg/m³ dan PS sebesar 1.050 Kg/m³. Mikroplastik akan mengambang pada air karena memiliki densitas sebesar. Mikroplastik dengan densitas lebih rendah dari air akan mengapung di kolom air, sedangkan mikroplastik yang memiliki densitas lebih tinggi dari air tenggelam dan mengendap di sedimen (Laksono dkk., 2021). Densitas yang dimiliki oleh air sungai yaitu sebesar 1000 Kg/m³, sehingga jenis mikroplastik yang akan mengambang di air yaitu jenis PE karena memiliki densitas yang lebih rendah dari perairan.

Jenis mikroplastik pada titik *sampling* ditunjukkan pada Tabel 4.2.



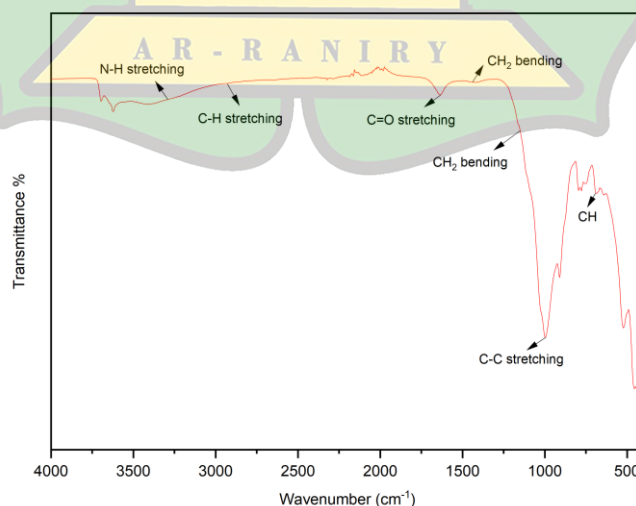
Gambar 4.4 Bentuk-bentuk mikroplastik pada air Sungai Krueng Aceh, Kota Banda Aceh, dengan perbesaran 10 kali (a) jenis film, (b) jenis fragmen dan (c) jenis fiber.

Tabel 4.2 Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada setiap membran

Kode Sampling	Koordinat	Volume (L)	Rata-rata Jenis Kelimpahan Partikel/L			Kelimpahan (partikel/L)
			Film	Fragmen	Fiber	
Membran PES 15%	5°30'51.8"N	10	1,2	0,8	1	3
Membran PES 20%	95°21'31.3"E		0,9	0,8	1,25	14,2

4.2.2 Analisa Uji Gugus Fungsi Polimer Mikroplastik

Analisa FTIR pada mikroplastik bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat pada mikroplastik. Karakterisasi spektrum IR pada mikroplastik ditunjukkan pada Gambar 4.5. Berdasarkan Gambar 4.5 spektrum yang dihasilkan dari uji FTIR terlihat ditemukannya berbagai macam gugus fungsi. Analisa FTIR mikroplastik memperoleh gugus fungsi C=O pada panjang gelombang 1634 cm^{-1} , CH₂ pada panjang gelombang 1155 cm^{-1} dan N-H pada panjang gelombang 3306 cm^{-1} merujuk (Veerasingam dkk., 2021). Gugus fungsi tersebut masuk kedalam jenis mikroplastik *Polyamides* (PA). Diperoleh gugus fungsi C-C pada panjang gelombang 997 cm^{-1} , C-H pada panjang gelombang 2914 cm^{-1} merujuk (Veerasingam dkk., 2021). Gugus fungsi tersebut masuk kedalam jenis mikroplastik *Polypropylene* (PP). Gugus fungsi CH dan CH₂ diperoleh dengan bilangan gelombang 694 cm^{-1} dan 1452 cm^{-1} merujuk (Veerasingam dkk., 2021). Gugus fungsi tersebut masuk kedalam jenis mikroplastik *Polystyrene* (PS).

**Gambar 4.5** Spektrum FTIR mikroplastik yang diperoleh dari Sungai Krueng Aceh

Jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel berdasarkan uji FTIR yaitu *Polyamides* (PA), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS). Pada umumnya jenis polimer PA dihasilkan dari tali pancing, bulu sikat gigi sedangkan polimer PP dihasilkan dari tutup botol, sedotan, pipa dan lain-lain. Jenis polimer PS dihasilkan dari wadah peralatan makan plastic, gelas sekali pakai, CD, kotak kaset (Li, 2018). Jenis mikroplastik ini memiliki bahaya tersendiri bagi makhluk hidup. Jenis *polyamides* dapat menyebabkan kanker, alergi pada kulit, psuing, sakit kepala. Untuk jenis *polypropylene* dapat menyebabkan gangguan pada pernafasan dan hormon pada manusia. Sedangkan iritasi mata, hidung dan tenggorokan, pusing dan tidak sadarkan diri dapat disebabkan oleh jenis *polystyrene* (Li, 2018). Tabel spektrum FTIR jenis mikroplastik dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Spektrum FTIR jenis mikroplastik

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Jenis Mikroplastik
1634	C=O stretching	PA
1155	CH ₂ bending	
3306	N-H stretching	
997	C-C stretching	PP
2914	C-H stretching	
694	Aromatic CH out-of-plane bending	PS
1452	CH ₂ bending	

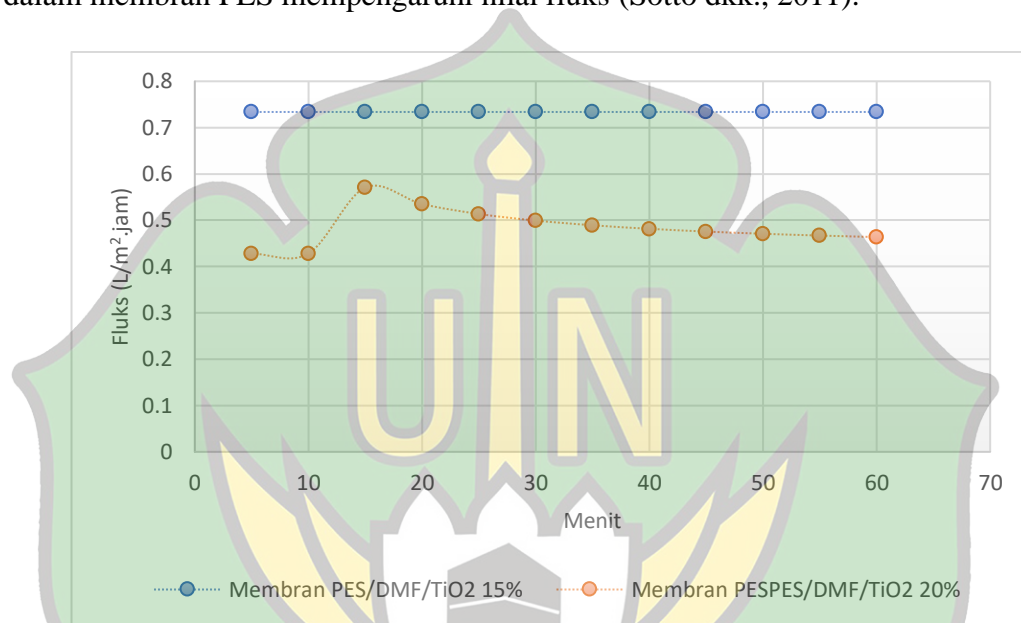
Sumber: (Veerasingam dkk., 2021)

4.3 Kinerja Membran PES/DMF/TiO₂

4.3.1 Analisa Fluks Membran

Membran dengan kinerja filtrasi yang baik adalah membran dengan permeabilitas air yang tinggi dan juga penolakan zat terlarut yang tinggi. Analisa fluks bertujuan untuk menunjukkan jumlah larutan yang mengalir melalui membran dalam waktu tertentu. Fluks membran PES dengan penambahan aditif TiO₂ dalam pelarut DMF ditunjukkan pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.6, secara umum dikatakan bahwa semakin tinggi kandungan polimer PES sehingga fluks yang dihasilkan semakin rendah. Membran PES 15% pada tekanan 2,5 bar memiliki fluks air sebesar 0,733 L/m².jam sedangkan membran PES 20% memiliki fluks air

sebesar 0,467 L/m².jam. didapatkan hasil membran PES 15% mempunyai nilai fluks yang lebih tinggi dibandingkan membran PES 20%. Membran PES 15% dan PES 20% menunjukkan nilai fluks yang berbeda, hal ini disebabkan konsentrasi polimer pembentuk membran yang lebih tinggi, menghasilkan membran yang lebih padat sehingga nilai fluks menjadi lebih kecil. Penambahan TiO₂ sebagai aditif ke dalam membran PES mempengaruhi nilai fluks (Sotto dkk., 2011).

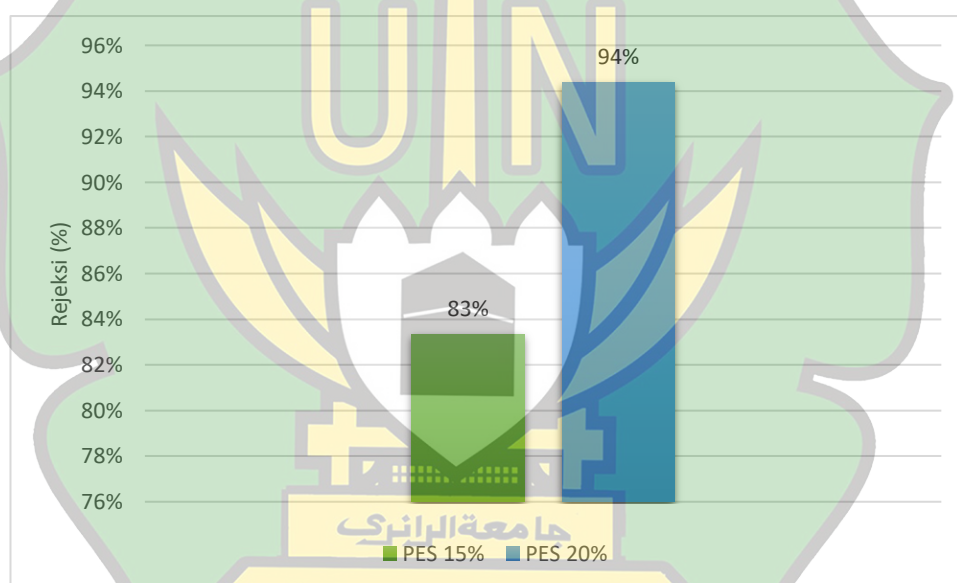


Gambar 4.6 Grafik hubungan nilai fluks terhadap tekanan pada berbagai macam jenis membran

4.3.2 Analisa Koefisien Rejeksi Mikroplastik

Mikroplastik yang ditemukan memiliki rentang ukuran 0,80mm - 1,91 mm. Analisa ini menggunakan ΔP sebesar 2,5 bar. Hasil dari analisa koefisien rejeksi dapat dilihat pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa rejeksi mikroplastik meningkat seiring dengan penambahan polimer. Didapatkan bahwa dengan rata-rata pori membran PES 20%/DMF/TiO₂ sebesar 2.817 μm memiliki rejeksi mikroplastik sebesar 94% sedangkan rata-rata pori membran PES 15%/DMF/TiO₂ sebesar 2.017 μm memiliki rejeksi mikroplastik sebesar 83%. Membran PES 20%/DMF/TiO₂ memiliki hasil yang lebih baik daripada membran membran PES 15%/DMF/TiO₂.

Hal ini sesuai dengan hasil SEM yang menunjukkan bahwa ukuran pori yang terbentuk semakin mengecil dengan penambahan TiO_2 , yang menyebabkan penyisihan mikroplastik terus meningkat. TiO_2 berperan menciptakan porositas, yaitu membuat pori membran semakin rapat (Zaim dan Muqni, 2017). Kondisi morfologi membran PES 20% memiliki susunan kerapatan pori yang lebih tinggi (*dense*) dibandingkan membran PES 15% dengan jumlah aditif yang sama yaitu 0,45%. Akibatnya, banyak mikroplastik yang tertahan di permukaan membran dan menyebabkan proses pemisahan menjadi lebih baik, konsentrasi permeal yang keluar lebih rendah daripada umpan masuk. **Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan mikroplastik dapat disisihkan dengan membran PES/DMF/ TiO_2 agar mikroplastik tidak mencemari air yang kita gunakan sehari-hari.**



Gambar 4.7 Hasil rejeksi mikroplastik pada membran PES 15% dan PES 20%

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian adalah:

1. Morfologi yang didapatkan dari membran PES 15%/DMF/TiO₂ dan membran PES 20%/DMF/TiO₂ yaitu mempunyai struktur membran dengan bentuk seperti jari (*finger like macrovoid*). Perbedaan struktur kedua jenis membran terjadi karena pada saat solidifikasi (proses pembentukan membran) pada membran PES 20% lebih cepat dibandingkan membran PES 15% karena larutan cetak membran PES 20% lebih kaya polimer jika dibandingkan dengan membran PES 15% sehingga menghasilkan struktur yang lebih rapat.
2. Penyisihan air Sungai Krueng Aceh menggunakan membran PES /DMF/TiO₂ dididaktannya mikroplastik dengan jenis seperti film, fragmen dan fiber.
3. Dari hasil uji kinerja membran PES/DMF/TiO₂ dalam menyisihkan mikroplastik didapatkan nilai fluks pada membran PES 15% sebesar 0,733 L/m².jam sedangkan membran PES 20% memiliki fluks air sebesar 0,467 L/m².jam. Sedangkan nilai koefisien rejeksi yang di dapat dalam penyisihan mikroplastik menggunakan membran PES 15% yaitu 83% sedangkan membran PES 20% yaitu 94%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan suhu dalam proses *mixing* pelarut DMF dan zat aditif TiO₂ untuk mendapatkan larutan dope yang homogen.

2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan variasi persenan PES diluar 15% dan 20%.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan membran bentuk tubular untuk penyisihan mikroplastik.



DAFTAR PUSTAKA

- Adhika, D. R., Anindya, A. L., Tanuwijaya, V. V., dan Rachmawati, H. (2018). Teknik Pengamatan Sampel Biologi Dan Non-Konduktif Menggunakan Scanning Electron Microscopy. *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol Dan Otomasi (SNIKO)*, 53–58. <https://doi.org/10.5614/sniko.2018.9>
- Afrianty, C., Lustiana G, T. K. D. (2012). Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Teknologi Membran Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(3), 16–25.
- Ahmad, A. L., Pang, W. Y., Mohd Shafie, Z. M. H., and Zaulkiflee, N. D. (2019). PES/PVP/TiO₂ Mixed Matrix Hollow Fiber Membrane with Antifouling Properties For Humic Acid Removal. *Journal of Water Process Engineering*, 31(1). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100827>
- Aprilia, S., dan Assaki, M. (2020). *Karakteristik Membran Selulosa Triasetat Yang Diprepsi Secara Inversi Fasa Presipitasi Imersi*. 1(1), 1–5.
- Aprilia, S., Rosnelly, C. M., Ramadhani, S., Novarina, L., Fathanah, U., Djuned, F. M., dan Amin, A. (2018). Karakterisasi Membran Polieter Sulfon yang Berisi Karbon Kulit Biji Jarak sebagai Aditif. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 13(1), 87–92.
- Apriwaluyo, D. (2018). *Pembuatan Membran Komposit Silika Hidrofobik Untuk Pemisahan Minyak-Air*. Universitas Brawijaya.
- Ardianti, D.A., Aldy, A.N., Faisal, N.H., Uhti, S., dan Sri, S. (2019). Rancang Bangun Alat Pengkonversi Sampah Plastik Menggunakan Metode Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak dalam Upaya Penanganan Masalah Lingkungan. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 3(2), 91–96. <https://doi.org/10.24198/jiif.v3i2.23152>
- Artanti, D., Anindita,R.R.A., dan Rinza, R. (2018). Modul Praktikum Instrumentasi. *Modul Praktikum*, 1–120.
- Basma, N., Cullen, P. L., Clancy, A. J., Shaffer, M. S. P., Skipper, N. T., Headen, T. F., and Howard, C. A. (2019). The Liquid Structure of The Solvents Dimethylformamide (DMF) and Dimethylacetamide (DMA). *Molecular Physics*, 117(22), 3353–3363. <https://doi.org/10.1080/00268976.2019.1649494>
- Basri K, S., K, B., Syaputra, E. M., and Handayani, S. (2021). Microplastic Pollution in Waters and its Impact on Health and Environment in Indonesia: A Review. *Journal of Public Health for Tropical and Coastal Region*, 4(2), 63–77. <https://doi.org/10.14710/jphtcr.v4i2.10809>
- Cahyo, Y. D., Ummah, N., dan Ikbah, M. (2020). Analisis Kandungan Mikroplastik pada Bebek (*Anas platyrhynchos domesticus*) Studi Kajian Tingkat Pencemaran Plastik di Ternak Unggas Air. *REKASATWA : Jurnal Ilmiah Peternakan*, 2(2), 90. <https://doi.org/10.33474/rekasatwa.v2i2.9026>

- Çeşmeli, S., and Biray Avcı, C. (2019). Application of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles in cancer therapies. *Journal of Drug Targeting*, 27(7), 762–766. <https://doi.org/10.1080/1061186X.2018.1527338>
- Cordova, M. R. (2017). Pencemaran Plastik Di Laut. *Oseana*, 42(3), 21–30. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.3.82>
- Dahlan, W. S. D. S. M. H. (2016). Perbandingan Pengolahan Limbah Cair Karet Dengan Koagulan Asam Formiat, Asap Cair Dan Asam Sulfat Menggunakan Teknologi Membran. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(Vol 22 No 4 (2016): Jurnal Teknik Kimia), 1–10.
- Ehsani, M., and Aroujalian, A. (2020). Fabrication of Electrospun Polyethersulfone/titanium dioxide (PES/TiO₂) Composite Nanofibers Membrane and its Application for Photocatalytic Degradation of Phenol in Aqueous Solution. *Polymers for Advanced Technologies*, 31(4), 772–785. <https://doi.org/10.1002/pat.4813>
- Elma, M. (2017). Proses Pemisahan Menggunakan Teknologi Membran. In *Lambung Mangkurat University Press* (Vol. 53, Issue 9).
- Esnahati., H. S. dan S. (2016). Pengaruh Penambahan Nano-TiO₂ Sebagai Agen Anti- Bakterial Dalam Pembuatan Membran Selulosa Asetat-Kitosan Terhadap Biofouling Yang Disebabkan Oleh Bakteri Gram Negatif Dan Positif. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1–11.
- Fadli, M., Khausar, A., Sofyana, S., dan Fathanah, U. (2021). Karakteristik Membran Komposit Polietersulfon, Polivinilpirolidon dan Kitosan. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2310–2319. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3476>
- Fahrina, A., Maimun, T., Humaira, S., Rosnelly, C. M., Lubis, M. R., Bahrina, I., Sunarya, R., Ghufuran, A., and Arahman, N. (2018). The Morphology and Filtration Performances of Poly(ether sulfone) Membrane Fabricated from Different Polymer Solution. *MATEC Web of Conferences*, 197, 1–4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819709001>
- Fathanah, u., Izarul, M., dan Medyan Riza., D. (2019). Modifikasi Membran Polyethersulfone (PES) Menggunakan Pelarut Normal Methyl Pyrolydone (NMP) Secara Non-Solvent Induce Phase Separation (NIPS). *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu “ Inovasi Produk Penelitian Pengabdian Masyarakat & Tantangan Era Revolusi 4.0 Industri “*, 2(1), 10.
- Fathanah, U., Machdar, I., Riza, M., Arahman, N., Lubis, M. R., and Yusuf, M. (2020). The Improvement of Hydrophilic Property of Polyethersulfone Membrane with Chitosan as Additive. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 15(1), 53–61. <https://doi.org/10.23955/rkl.v15i1.15916>
- Fathanah, U., Machdar, I., Riza, M., Rahman, N. A., Lubis, M. R., Qibtiyah, M., dan Jihannisa, R. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polyethersulfone (PES) -Kitosan Secara Blending Polimer. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 62–66.

- Fathanah, U., dan Meilina, H. (2021). Karakterisasi dan Kinerja Membran Polyethersulfone Termodifikasi Aditif Anorganik secara Blending Polimer. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2407–2414. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3515>
- Gadeng, A. N., Ramli, R., Maulidian, M. O. R., Aksa, F. I., Rohmat, D., dan Desfandi, M. (2020). Kajian Tipologi dan Pemanfaatan Sumber Daya Air di Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 333–341. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.333-341>
- Haji, A. T. S., Rahadi, B., dan Firdausi, N. T. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro , Malang Analysis of Abundance Microplastic in Surface Water in Metro River , Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 74–84.
- Haji, A. T. S., Sulianto, A. A., dan Miranda, F. (2020). Uji Kemampuan Membran Komposit Kitosan-Selulosa Terhadap Penurunan Kadar Kromium Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(1), 18–27. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2020.007.01.3>
- Hamdan, A. M. (2021). *Identifikasi Estuarine Turbidity Maxima Dengan Pendekatan Sifat Magnetik Sedimen Dan Analisis Mikrobiologi : Studi*.
- Hamdan, A. M., Kirana, K. H., Hakim, F., Iksan, M., Bijaksana, S., Mariyanto, M., Ashari, T. M., Ngkoimani, L. O., Kurniawan, H., Pratama, A., and Wahid, M. A. (2022). Magnetic Susceptibilities of Surface Sediments from Estuary Rivers in Volcanic Regions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(4), 239. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09891-z>
- Hayati, K., Setyaningrum, C. C., dan Fatimah, S. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 4(1), 9–14.
- Hayyu, K. Q. dan V. A. M. (2021). *Pra Rancangan Pabrik Dimetil Formamida Dari Metil Format Dan Dimetil Amin Kapasitas 40.000 Ton/Tahun*.
- Henny, Safitri, I., Fella, Ryanitha, A., dan Aryanti, N. (2013). Teknologi Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Air Terproduksi (Produced Water). *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(4), 205–211. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtkiTelp/Fax>:
- Hidayat, A. R. P., Andina, V. R., Ahnaf, A., Widiastuti, N., and Iqbal, R. M. (2019). Synthesis, Characterization, and Performance of TiO₂-N as Filler in Polyethersulfone Membranes for Laundry Waste Treatment. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.49806>
- Joesidawati, M. I. (2018). Pencemaran Mikroplastik Di Sepanjang Pantai Kabupaten Tuban. *Rosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat III Universitas PGRI Ronggolawe Tuban*, 8–15. www.latlong.net
- Juansah, Jajang, K. D. dan F. H. (2009). Dengan Memanfaatkan Sistem Filtrasi

- Aliran Dead-End. *MAKARA, SAINS*, 13(1), 94–100.
- Kapo, F. A., Toruan, L. N. L., and Paulus, C. A. (2020). The Types and Abundance of Microplastics in Surface Water at Kupang Bay (in Bahasa). *Jurnal Bahari Papadak*, 1(1), 10–21.
- Kiswanto, K., Rahayu, L. N., dan Wintah, W. (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 17, 72–82. <https://doi.org/10.54911/litbang.v17i0.109>
- Kurniawan, C., Waluyo, T. B., dan Perdamean Sebayang. (2011). Analisis Ukuran Partikel Menggunakan Free Software Image-J. *Seminar Nasional Fisika, Juli 2011*, 1–9.
- Kusworo, T. D., Kumoro, A. C., Utomo, D. P., Kusumah, F. M., and Pratiwi, M. D. (2021). Performance of the Crosslinked PVA Coated PES-TiO₂Nano Hybrid Membrane for the Treatment of Pretreated Natural Rubber Wastewater Involving Sequential Adsorption - Ozonation Processes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104855. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104855>
- Labibah, W., dan Triajie, H. (2020). Keberadaan Mikroplastik pada Ikan Swanggi (*Priacanthus tayenus*), Sedimen dan Air Laut di Perairan Pesisir Brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(3), 351–358. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8563>
- Laila, Q. N., Purnomo, P. W., dan Jati, O. E. (2020). Kelimpahan mikroplastik pada sedimen di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1), 28–35.
- Laksono, O. B., Suprijanto, J., dan Ridlo, A. (2021). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Bandengan Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(2), 158–164. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.29032>
- Lestari, K. R. (2020). *Teori Dasar Membran*. LP UNAS.
- Lestari, W. C., Ningtiar, E. S., Irianto, M. Y., dan Widiastuti, N. (2021). Review: Potensi Pengembangan Membran Polimer Hidrofilik untuk Produksi Biodiesel Berbasis Mikroalga. *SPECTA Journal of Technology*, 5(2), 115–122. <https://doi.org/10.35718/specta.v5i2.280>
- Li, W. C. (2018). The occurrence, fate, and effects of microplastics in the marine environment. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments: An Emerging Matter of Environmental Urgency*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00005-9>
- Li, X., Fang, X., Pang, R., Li, J., Sun, X., Shen, J., Han, W., and Wang, L. (2014). Self-assembly of TiO₂ nanoparticles around the pores of PES ultrafiltration membrane for mitigating organic fouling. *Journal of Membrane Science*, 467, 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.05.036>
- 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), 2219–2222. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.6b02751>
- Lolodo, D., dan Nugraha, W. A. (2020). Mikroplastik Pada Bulu Babi dari Rataan Terumbu Pulau Gili Labak Sumenep. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(2), 112–122. <https://doi.org/10.21107/jk.v12i2.6267>
- Lumban Tobing, S. J. B., Hendrawan, I. G., dan Faiqoh, E. (2020). Karakteristik Mikroplastik Pada Ikan Laut Konsumsi Yang Didaratkan Di Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 3(2), 102–107. <https://doi.org/10.24843/jmrt.2020.v03.i02.p07>
- Lusher, A., Hollman, P., and Mandoza-Hill, J. (2017). Microplastics in Fisheries and Aquaculture. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* (Vol. 615, Issue July). <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>
- Lusiana, R. A., dan Prasetya, N. B. A. (2020). Pengaruh Penambahan Aditif terhadap Karakterisasi Fisikokimia Membran Polisulfon. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(3), 197. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Mar'atusholihah, T. Y., dan dan Arlini D. R. (2020). Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada IPAM Karangpilang III Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), C145-160. doi: 10.12962/j23373539.v9i2.55473
- Mardalisa, Fatwa, E. B., Yoswaty, D., Feliatra, Effendi, I., dan Amin, B. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Plastik dari Perairan Laut Dumai Provinsi Riau Isolation and Identification of Indigenous Plastic-Degrading Bacteria from Dumai ' s Ocean Water of Riau Province. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(1), 77–85.
- Mardiyana, M., dan Kristiningsih, A. (2020). Dampak Pencemaran Mikroplastik di Ekosistem Laut terhadap Zooplankton: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(1), 29–36. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i1.147>
- Mataram, A., Nukman, Nasution, J. D., Riadi, M. I., Pataras, M., Aditya, B. B., Septano, G. D., Anisya, N., and Nadiyah, N. A. (2021). Comparison of Physical and Mechanical Properties of Antifouling PVDF Membranes by Titanium Dioxide and PES Membrane by Titanium Dioxide. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1041(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1041/1/012061>
- Mauludy, M. S., Yunanto, A., and Yona, D. (2019). Microplastic Abundances in the Sediment of Coastal Beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 73. <https://doi.org/10.22146/jfs.45871>
- Mirwan, A., Indriyani, V., dan Novianty, Y. (2017). Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer Selulosa Asetat Dengan Metode Inversi Fasa. *Konversi*, 6(1), 11. <https://doi.org/10.31213/k.v6i1.14>
- Mojdehi, P. A., Pourafshari Chenar, M., Namvar-Mahboub, M., and Eftekhari, M.

- (2019). Development of PES/polyaniline-modified TiO₂ adsorptive membrane for copper removal. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 583, 123931. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123931>
- Mulder, M. (1996). Basic Principle of Membran Technology. In *Spécificités: Vol. n° 15* (Issue 1). <https://doi.org/10.3917/spec.015.0003>
- Mulu, M., Wendelinus Dasor, Y., Hudin, R., dan Tarsan, V. (2020). Marine Debris Dan Mikroplastik: Upaya Mencegah Bahaya Dan Dampaknya Di Tempode, Desa Salama, Kabupaten Manggarai, Ntt. *Randang Tana - Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 79–84. <https://doi.org/10.36928/jrt.v3i2.404>
- Mustabsyirah, M., Shinta, A., Lubis, M. R., Sofyana, S., Mukramah, M., Mukhriza, M., Rinaldi, W., dan Fathanah, U. (2022). Peningkatan Kinerja Membran Polietersulfon (PES) dengan Modifikasi Menggunakan Aditif Hidrofilik. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2656–2662. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3828>
- Nurratri, A. M., Khabibi, Abdul, H., Lusiana, R., dan Nuryanto, R. (2020). Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Paduan Kitosan-Polietilenglikol6000. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 14(9), 5–24.
- Ognibene, G., Gangemi, C. M. A., D’Urso, A., Purrello, R., Cicala, G., and Fragalà, M. E. (2018). Combined Approach to Remove and Fast Detect Heavy Metals in Water Based on PES-TiO₂ Electrospun Mats and Porphyrin Chemosensors. *ACS Omega*, 3(7), 7182–7190. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b00284>
- OS, A., TL, Y., D, S., dan RI, A. (2013). Pengaruh Krioprotektan Gliserol dan Dimethylformamida dalam Pembekuan Semen Kambing Peranakan Etawah Menggunakan Pengencer Tris Modifikasi. *Jurnal Ilmu Ternak Dan Veteriner*, 18(4), 239–250. <https://doi.org/10.14334/jitv.v18i4.327.A>
- Razi, F., Sawada, I., Ohmukai, Y., Maruyama, T., dan Matsuyama, H. (2012). Surface Functionalization by Grafting (2-Dimethylamino)ethyl Methacrylate Methyl Chloride Quaternary Salt (DMAEMAq) onto Hollow Fiber Polyethersulfone (PES) Membranes for Improvement of Antibiofouling Properties. *Solvent Extraction Research and Development*, 19(September 2015), 101–115. <https://doi.org/10.15261/serdj.19.101>
- Razmjou, A., Mansouri, J., and Chen, V. (2011). The Effects of Mechanical and Chemical Modification of TiO₂ Nanoparticles on the Surface Chemistry, Structure and Fouling Performance of PES Ultrafiltration Membranes. *Journal of Membrane Science*, 378(1–2), 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.10.019>
- Rijal, M. ., Annisa, N., dan Firda, I. (2021). Kontaminasi Mikroplastik (MPs) pada Ikan di Indonesia. *Prosiding SemnasBiologike-9 Tahun 2021*, 55–66.
- Ritonga, D, dan Syarfi Daud, S. E. (2015). Pencucian Membran Ultrafiltrasi Menggunakan Bahan Kimia NaOH dan Surfaktan 5512 Pada Proses

- Penyaringan Air Terproduksi. *Jom FTEKNIK*, 2(2).
<https://doi.org/10.16285/j.rsm.2007.10.006>
- Saputra, F. A. (2017). Pengolahan Air Limbah Berminyak Dengan Teknologi Membran. *Tek. Kim. Inst. Teknol. Bandung.*, December.
- Shen, M., Song, B., Zhu, Y., Zeng, G., Zhang, Y., Yang, Y., Wen, X., Chen, M., and Yi, H. (2020). Removal of Microplastics Via Drinking Water Treatment: Current Knowledge and Future Directions. *Chemosphere*, 251, 126612. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126612>
- Simamora, C. S. L., Warsidah, W., dan Nurdiansyah, S. I. (2020). Identifikasi dan Kepadatan Mikroplastik pada Sedimen di Mempawah Mangrove Park (MMP) Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2(3), 96. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v2i3.34828>
- Sotto, A., Boromand, A., Zhang, R., Luis, P., Arsuaga, J. M., Kim, J., and Van der Bruggen, B. (2011). Effect of Nanoparticle Aggregation at Low Concentrations of TiO₂ on the Hydrophilicity, Morphology, and Fouling Resistance of PES-TiO₂ Membranes. *Journal of Colloid and Interface Science*, 363(2), 540–550. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.07.089>
- Sri Aprilia and Nasrul Arahman. (2016). (Metakrilolosi) Etil Posporil Klorin dan Aplikasinya untuk Pengolahan Air Sumur Tercemar Limbah Tsunami di Banda Aceh (Preparation Hollow Fiber Membrane of Polyethersulfone / 2- (Methacryloyloxy) Ethyl Phosphoryl Chlorine and Its Application for The. *Manusia Dan Lingkungan*, 23(2), 149–155.
- Sugandi, D., Agustawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., dan Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355>
- Suryati, S., Fatimah, E., dan Masimin, M. (2020). Pengaruh Jumlah Krib Tipe Zigzag Terhadap Kecepatan Aliran Pada Sungai Krueng Aceh. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 3(4), 302–310. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v3i4.16727>
- Tarigan, H. S., Jhon A, P. dan I. A. (2020). Teknologi Membran Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri (. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Dan Sains*, 7, 18–24. <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.3281>
- Tuhumury, N., and Ritonga, A. (2020). Identification of Existance and Type of Microplastics in Cockle at Tanjung Tiram Waters, Ambon Bay. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 16(1), 1–7.
- Uju., Lina H., Suprihatin., Prayoha S., dan E. N. (2008). Karakteristik Fouling dan Polarisasi Konsentrasi pada Proses Pemurnian dan Pemekatan Karaginan dengan Membran Mikrofiltrasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 18(1), 34–40.
- Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Gunganathan, L.,

- Aboobacker, V. M., and Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in Microplastic Pollution Research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(22), 2681–2743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450>
- Vianti, R. O., Melki, Rozirwan, dan Purwiyanto, A. I. S. (2020). Purifikasi dan Uji Degradasi Bakteri Mikroplastik dari Perairan Muara Sungai Musi , Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 12(2), 29–36.
- Victoria, A. V. (2017). Kontaminasi Mikroplastik di Perairan Tawar. *Teknik Kimia ITB, January*, 1–10.
- Wahyudi J., dan Hermain T. P., A. D. . (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif The Utilization Of Plastic Waste As Raw Material For Producing Alternative Fuel. *Jurnal Litbang*, 14(1), 58–67.
- Wahyudin, G. D., dan Afriansyah, A. (2020). Penanggulangan Pencemaran Sampah Plastik Di Laut Berdasarkan Hukum Internasional. *Jurnal IUS Kajian Hukum Dan Keadilan*, 8(3), 529. <https://doi.org/10.29303/ius.v8i3.773>
- Wahyusi, K. N., Nikmah, S., Anggraini, G. R., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., Tmur, J., Raya, J., Madya, R., dan Anyar, G. (2021). Sintesis Membran Kitosan Untuk Pemisahan Ion PB dalam Limbah Cair. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(1).
- Wenten, I., dan .,Khoiruddin., P.T.P.Aryanti., A. N. H. (2010). Pengantar Teknologi Membran. *Diktat Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung*, 2017–2018.
- Widianarko, B., dan Hantoro, I. (2018). Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa. In *Unika Soegijapranata. Semarang*.
- Zaim, R. L., and Muqni, W. E. (2017). *Effectiveness of Surface Coating and Blending Method for Addition of Titanium Dioxide (TiO₂) in Cellulose Acetate/Polyethylene Glycol (Ca/Peg) Membrane*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Diakses tanggal 17 februari jam 23.23
- SNI 6989.57:2008 Tentang Pengambilan Contoh Air Permukaan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode Pengambilan Sampel Uji Pendahuluan

A. Tempat Pelaksanaan Studi Pendahuluan

Proses observasi dan pengambilan sampel air Sungai Krueng Aceh dan air produksi PDAM dalam penelitian ini dilakukan pada salah satu rumah warga di Kota Banda Aceh. Pengujian mikroplastik dari sampel air produksi dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry.

B. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *Grab Sample* (Pengambilan sampel sesaat) dengan menggunakan gelas plastik. Selanjutnya, air sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam botol plastik sebanyak 1000 ml. pengambilan sampel diambil pada satu titik pada salah satu bak mandi warga.

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada pelaksanaan studi pendahuluan dapat dilihat pada tabel berikut:

No	Alat	Bahan
1	Sarung Tangan	Air Sungai Krueng Aceh, Air produksi PDAM
2	Gayung	
3	Botol Plastik 1000ml	
4	<i>Vacuum filter</i>	
5	Mikroskop Stereo	

D. Prosedur Eksperimen

Prosedur eksperimen yang dilakukan dalam studi pendahuluan ini adalah sebagai berikut:

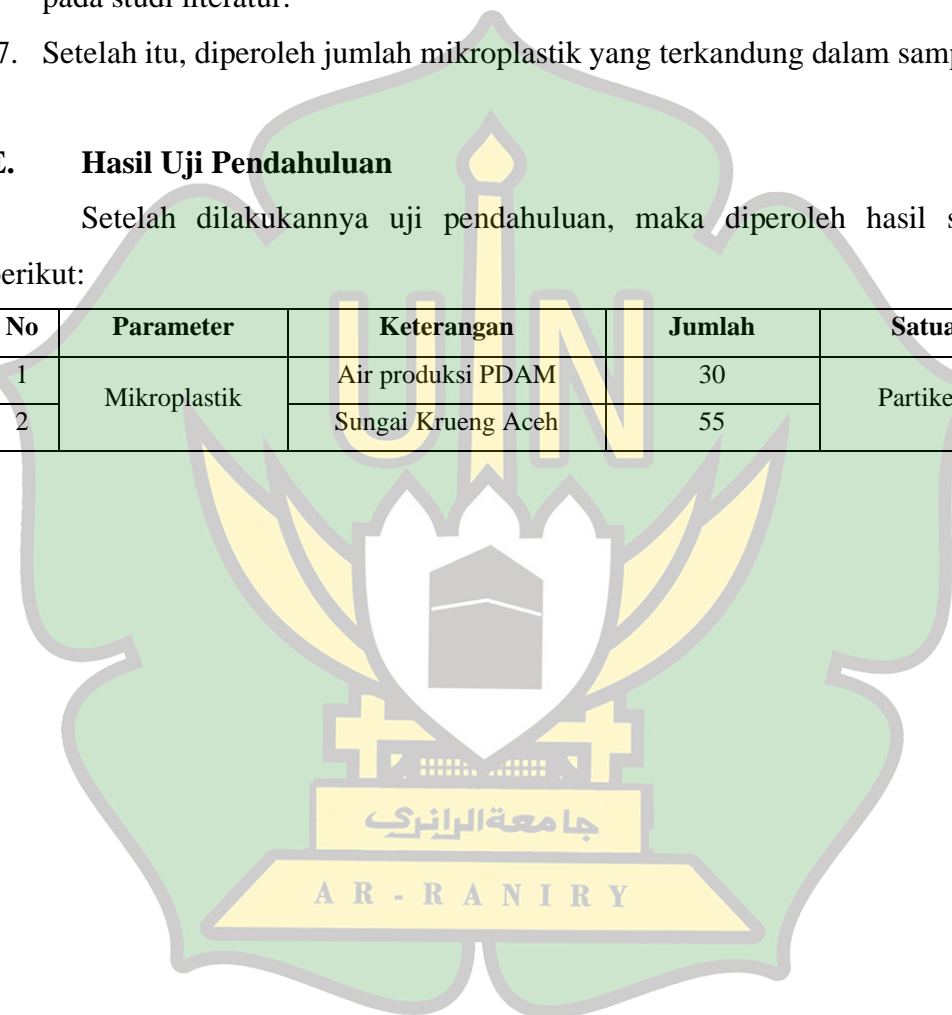
1. Lokasi pengambilan sampel air Sungai Krueng Aceh terletak di Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya sedangkan air produksi PDAM terletak di Desa Peuniti, Kecamatan Baiturrahman, Kota Banda Aceh.
2. Sampel diambil dengan metode *grab sampling* menggunakan gayung plastik.

3. Air sampel dimasukkan ke dalam botol plastik sebanyak 1000 ml.
4. Air sampel diambil pada satu titik yaitu pada Sungai Krueng Aceh di Lambaro, dan air produksi pada salah satu rumah warga di peuniti
5. Selanjutnya, sampel diuji dengan melihat jumlah mikroplastik.
6. Pada pengujian melihat jumlah mikroplastik, diikuti prosedur kerja yang ada pada studi literatur.
7. Setelah itu, diperoleh jumlah mikroplastik yang terkandung dalam sampel.

E. Hasil Uji Pendahuluan

Setelah dilakukannya uji pendahuluan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

No	Parameter	Keterangan	Jumlah	Satuan
1	Mikroplastik	Air produksi PDAM	30	Partikel/L
2		Sungai Krueng Aceh	55	

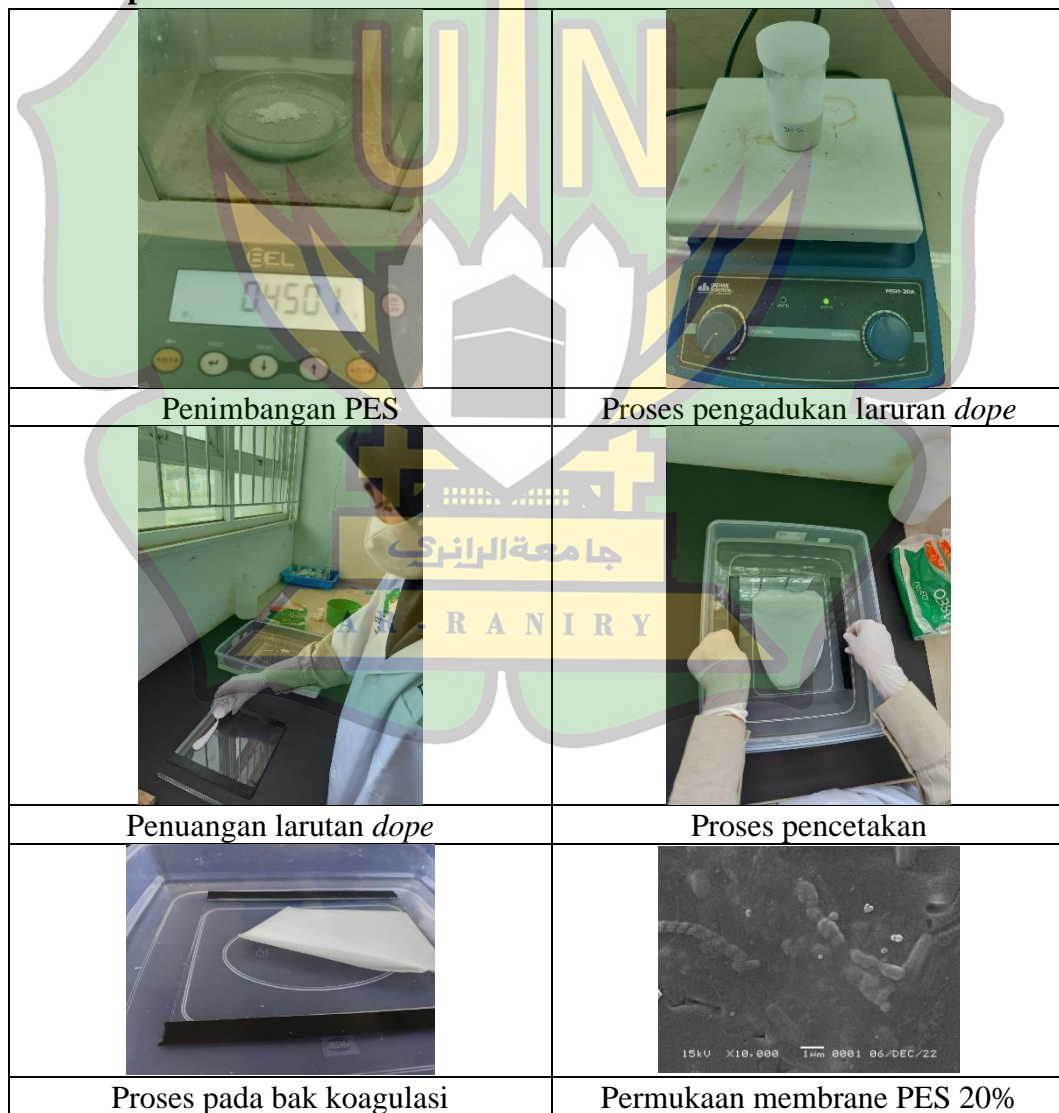


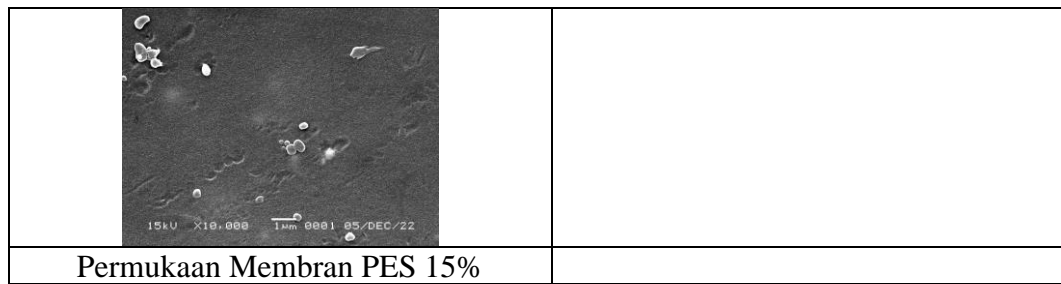
Lampiran 2. Dokumentasi Tahapan Preparasi Sampel dan Eksperimen

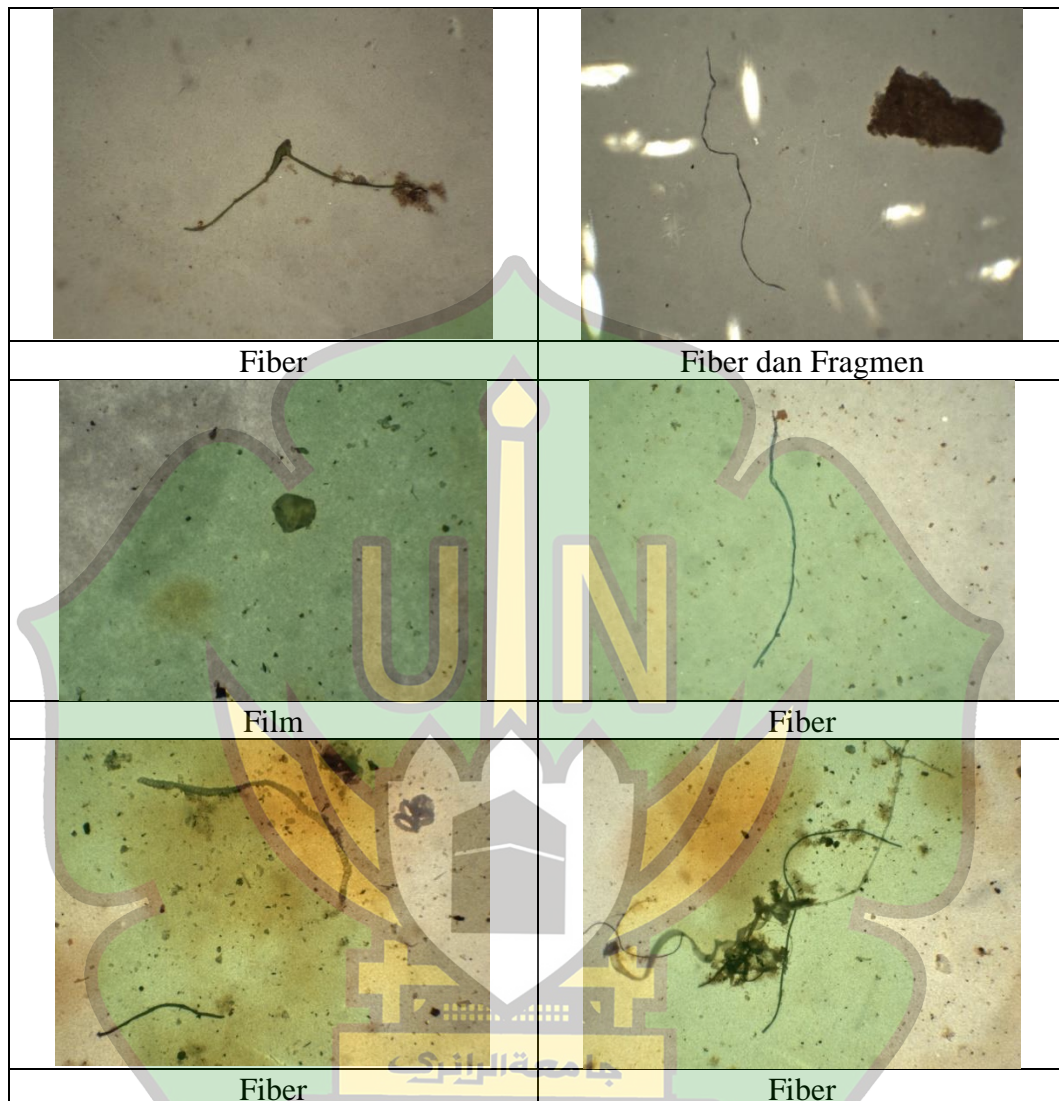
2.1 Bahan Pembuatan Membran



2.2 Tahap Pembuatan Membran





Lampiran 3. Jenis Mikroplastik

Lampiran 4. Perhitungan Pembuatan Larutan *Dope* Membran

Perhitungan PES 15%

$$\begin{aligned} \text{PES} &= \frac{15}{100} \times 30 \text{ gr PES} \\ &= 4,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TiO}_2 &= \frac{1,5}{100} \times 30 \text{ gr PES} \\ &= 0,45 \text{ gr} \end{aligned}$$

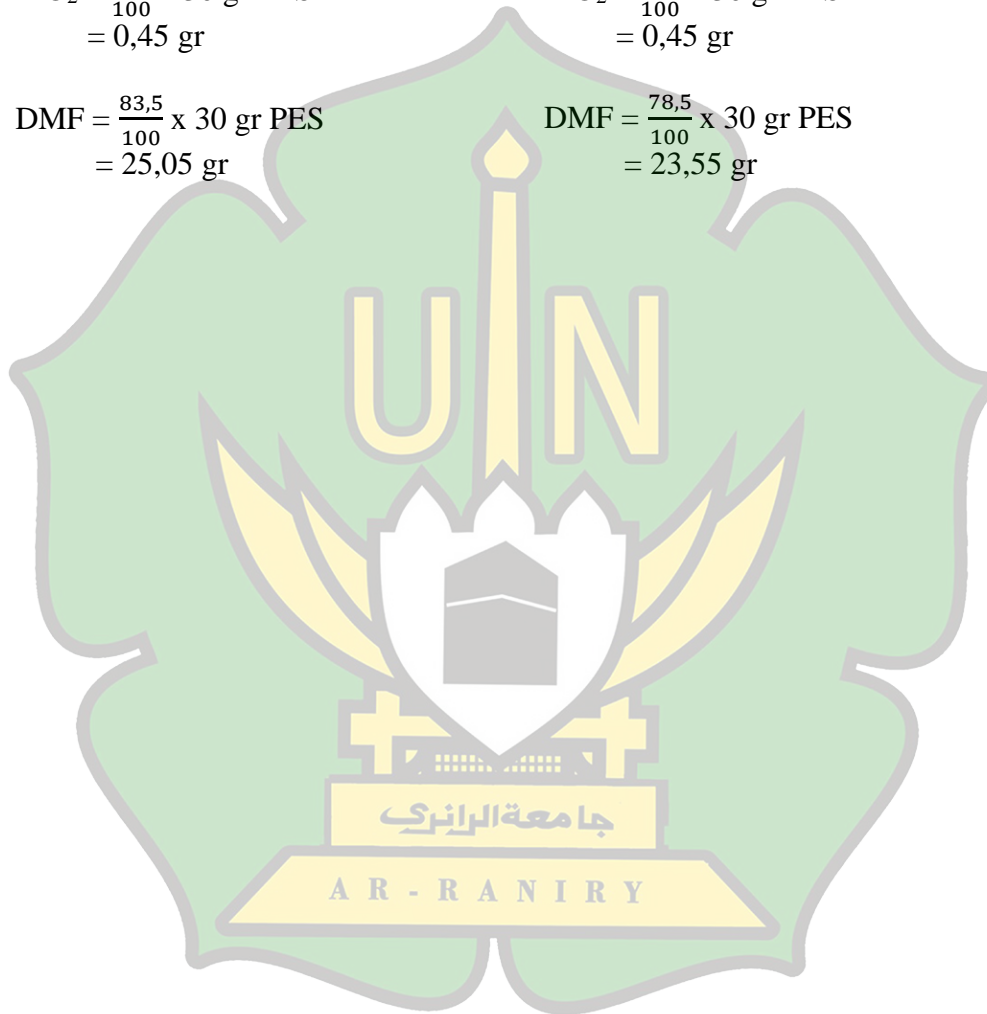
$$\begin{aligned} \text{DMF} &= \frac{83,5}{100} \times 30 \text{ gr PES} \\ &= 25,05 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perhitungan PES 20%

$$\begin{aligned} \text{PES} &= \frac{20}{100} \times 30 \text{ gr PES} \\ &= 6 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TiO}_2 &= \frac{1,5}{100} \times 30 \text{ gr PES} \\ &= 0,45 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DMF} &= \frac{78,5}{100} \times 30 \text{ gr PES} \\ &= 23,55 \text{ gr} \end{aligned}$$



Lampiran 5. Perhitungan Kinerja Membran

5.1 Perhitungan Fluks

Perhitungan Fluks 15%

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

$$J = \frac{1,44 L}{1,96 \times 1}$$

$$J = 0,733 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}$$

Perhitungan Fluks 20%

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

$$J = \frac{0,84 L}{1,96 \times 1}$$

$$J = 0,467 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}$$

5.2 Perhitungan koefisien rejeksi mikroplastik

Perhitungan Koefisien Rejeksi
Mikroplastik Membran PES 15%

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{5}{30}\right) \times 100\%$$

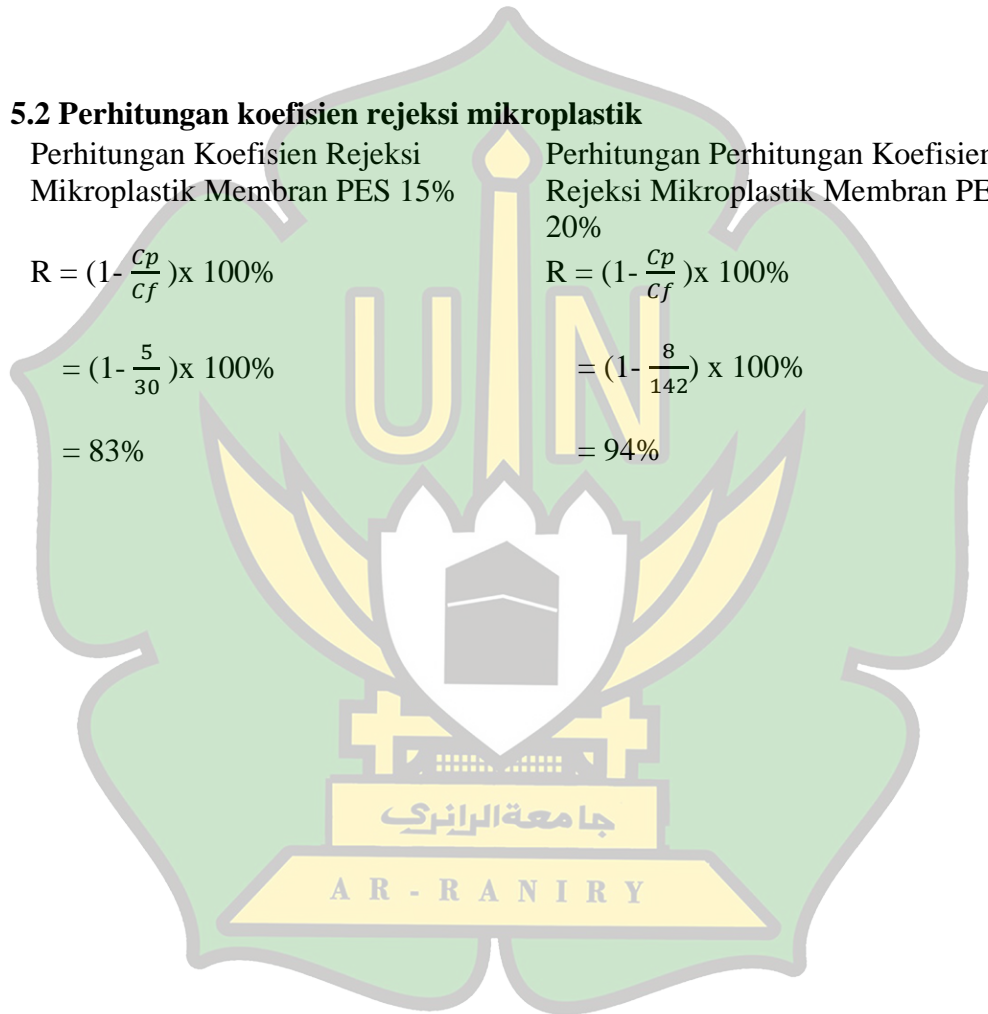
$$= 83\%$$

Perhitungan Koefisien
Rejeksi Mikroplastik Membran PES
20%

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{8}{142}\right) \times 100\%$$

$$= 94\%$$



Lampiran 6. Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

No.	Tahapan Penelitian	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Uji Pendahuluan			
	a. Pengecekan Mikroplastik	1 sampel	-	-
2.	NaCL	1L	13.000	26.000
3.	H ₂ O ₂	1L	40.000	40.000
4.	Kertas Saring	4 buah	12.000	48.000
5.	Aluminium foil	1 buah	26.000	26.000
	Jumlah			140.000
6.	Pembuatan Unit Filtrasi Membran			
	a) Pipa PVC	6 meter		
	b) Pressure Gauge	1 buah	85.000	85.000
	c) Valve	1 buah		
	d) Tee	1 buah		
	e) Water mur	1 buah		
	f) elbow	1 buah		
	g) reducer	1 buah		
	h) jali	1 buah		
	i) Pompa shimazu	1 buah		
	Jumlah			512.000
7.	Pengujian Setelah Filtrasi			
	a) SEM	2 sampel	180.000/1 foto	720.000
	b) FT-IR	4 sampel	45.000	180.000
	Jumlah			900.000
	Total (1+2+3+4+5+6+7)			1.552.000