

**SINTESIS SELULOSA ASETAT DARI RUMPUT LAUT (*Gracilaria sp.*)
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MEMBRAN UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS AIR DI DAERAH PESISIR**

SYNTHESIS OF CELLULOSE ACETATE FROM SEAWEED (*Gracilaria sp.*) AS RAW MATERIAL FOR MAKING MEMBRANE TO IMPROVE WATER QUALITY IN COASTAL AREA

AAN EKO PUTRA



**PROGRAM STUDI KIMIA
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**SINTESIS SELULOSA ASETAT DARI RUMPUT LAUT (*Gracilaria sp.*)
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MEMBRAN UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS AIR DI DAERAH PESISIR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Kimia

Disusun dan diajukan oleh

AAN EKO PUTRA

kepada

**PROGRAM STUDI KIMIA
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

TESIS

SINTESIS SELULOSA ASETAT DARI RUMPUT LAUT (*Gracilaria sp.*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MEMBRAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS AIR DI DAERAH PESISIR

AAN EKO PUTRA

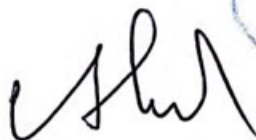
NIM: H012211008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 11 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

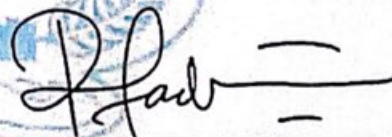
Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

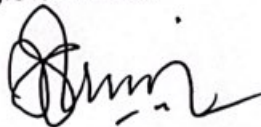


Prof. Dr. Ahyar Ahmad
NIP. 196712311991031020



Dr. Riksfardini A. Ermawar, M.Bio
NIP. 197909302005022004

Ketua Program Studi
Magister Kimia



Prof. Dr. Hasnah Natsir, M.Si
NIP. 196203201987112001

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si
NIP. 197205151997021002

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN KELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aan Eko Putra
Nim : H012211008
Program Studi : Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Sintesis Selulosa Asetat dari Rumput Laut (*Gracilaria sp.*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran untuk Meningkatkan Kualitas Air di Daerah Pesisir" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ahyar Ahmad sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Riksfardini A. Ermawar, M.Bio sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di American Institute of Physics (AIP) Proceeding sebagai artikel dengan judul "*Synthesis of Cellulose Acetate from Seaweed Gracilaria sp. as Membrane Material*".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 15 Agustus 2023



Aan Eko Putra
NIM: H012211008

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa karena anugerah, berkat dan kasih setia-Nya yang besar sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini guna memenuhi salah satu persyaratan dalam mencapai Gelar Magister Sains di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin dengan judul “**SINTESIS SELULOSA ASETAT DARI RUMPUT LAUT (*Gracilaria sp.*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MEMBRAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS AIR DI DAERAH PESISIR**”

Kepada kedua orang tua tercinta, Bapak **Makmur G. Fernandes** dan Ibu **Dorchas Suryani Pudjiono**. Ucapan terima kasih yang sangat besar dan tak terhingga untuk setiap semangat, motivasi, bantuan, kasih sayang dan doa yang tidak henti-hentinya diberikan kepada saya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penyelesaian tesis ini, terutama kepada **Ayahanda Prof. Dr. Ahyar Ahmad** dan **Ibunda Dr. Riksfardini Annisa Ermawar M.Bio(PB)** selaku penasehat untuk penulis yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan arahan yang baik, terutama dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ayahanda Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf pegawai.
2. **Ayahanda Dr. Eng. Amiruddin, S.Si, M.Si** selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf pegawai.
3. **Ibunda Prof. Dr. Hasnah Natsir, M.Si** selaku Ketua Program Studi S2 Kimia Universitas Hasanuddin, beserta dosen dan staf yang telah membantu penulis dalam perjalanan menyelesaikan pendidikan ini.

4. Dosen penguji ujian, yaitu **Ibunda Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto S., M.S, Ayahanda Dr. Maming, M.Si** dan **Ibunda Prof. Dr. Hasnah Natsir, M.Si.**
5. Rekan-rekan **Peneliti dan *Research Assistant*** di Pusat Riset Biomassa dan Biomaterial Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong, Bogor atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
6. **Pak Irsan** dan **Ibu Risky Mahira** yang telah membantu penulis dalam hal administrasi selama menempuh pendidikan.
7. **Teman-teman Angkatan 2021 Ganjil** atas bantuan dan semangat selama penulis menempuh pendidikan.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan tesis ini.

Penulisan sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembacanya dan terutama bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

AAN EKO PUTRA, **Sintesis Selulosa Asetat dari Rumput Laut *Gracilaria sp.* Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran untuk Meningkatkan Kualistas Air di Daerah Pesisir** (dibimbing oleh Ahyar Ahmad dan Riksfardini Annisa Ermawar).

Gracilaria sp., memiliki kandungan selulosa yang tinggi, sekitar 42%. Selulosa ini dapat disintesis menjadi selulosa asetat sebagai bahan pembuatan adsorben, film dan membran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) karakteristik selulosa asetat hasil sintesis dari selulosa rumput laut *Gracilaria sp.*; (2) pengaruh penambahan polietilen glikol dalam pembuatan membran selulosa asetat; dan (3) menguji hasil penyaringan air laut, air sungai dan air danau dengan menggunakan membran selulosa asetat. Rumput laut *Gracilaria sp.* diperoleh dari Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Proses isolasi *Gracilaria sp.* dengan hidrolisis HNO_3 untuk mendapatkan lignoselulosa. Lignin dari lignoselulosa dipisahkan melalui proses delignifikasi dengan NaOH 2% untuk memperoleh selulosa, campuran direaksikan dengan NaOH 17,5% untuk mendapatkan alfa-selulosa murni. Selulosa hasil isolasi selanjutnya diasetilasi menjadi selulosa asetat dengan asetat anhidrida dan H_2SO_4 sebagai katalis dengan variasi waktu 30, 45 dan 60 menit. Selulosa asetat dengan waktu asetilasi 45 menit (kadar asetil 41,46% dan derajat substitusi 2,63) dibuat menjadi membran dengan penambahan polietilen glikol dengan variasi 1%, 2% dan 3% (metode inversi fasa). Membran diuji dengan air laut, air sungai dan air danau untuk melihat keefektifan membran selulosa asetat dalam meningkatkan kualitas sampel air (TSS, salinitas, turbiditas, dan kadar logam Cu, Zn dan Pb). Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran selulosa asetat dapat meningkatkan kualitas meningkatkan kualitas TSS, logam Cu, dan logam Pb pada air laut, laut sungai dan air danau ($p > 0,05$), logam Zn pada air laut dan danau ($p > 0,05$), salinitas pada air laut ($p > 0,05$) dan turbiditas pada air laut dan air sungai ($p > 0,05$).

Kata kunci: derajat substitusi, inversi fasa, kadar asetil, membran, selulosa asetat.

ABSTRACT

AAN EKO PUTRA. **Synthesis of Cellulose Acetate from Seaweed (*Gracilaria sp.*) as Raw Material for Making Membrane to Improve Water Quality In Coastal Area** (supervised by Ahyar Ahmad and Riksfardini Annisa Ermawar).

Gracilaria sp. has a high cellulose content, which is about 42% of the total biomass. Cellulose can be synthesized into cellulose acetate such as adsorbents, films, and membranes. The aim of this research is to find out (1) the characteristics of cellulose acetate produced from *Gracilaria sp.* seaweed; (2) the effect of applying polyethylene glycol as a plasticizer in the making of cellulose acetate membranes; and (3) determine whether the cellulose acetate membrane of *Gracilaria sp.* can be used as a filter to improve water quality. Seaweed *Gracilaria sp.* collected from Takalar Regency, South Sulawesi. HNO₃ was used to separate the powder of *Gracilaria sp.* in order to get lignocellulose. Lignin from lignocellulosic was delignified with 2% NaOH to obtain cellulose, and the combination was reacted with 17,5% NaOH to obtain pure alpha-cellulose. Cellulose was then synthesized into cellulose acetate using acetic anhydride and H₂SO₄ as a catalyst for 30, 45, and 60 minutes. Cellulose acetate was acetylated during 45 minutes (acetyl content 41,46% and degree of substitution 2,63) and then produced into membranes by adding 1%, 2%, and 3% polyethylene glycol (phase inversion method). The membranes were tested with seawater, river water, and lake water to determine their effectiveness in enhancing the quality of water samples (TSS, salinity, turbidity, and metal concentration of Cu, Zn, and Pb). The cellulose acetate membrane improved the quality of TSS, Cu and Pb in seawater, river water, and lake water ($p > 0,05$), Zn concentrations in seawater and lake water ($p > 0,05$), salinity in seawater ($p > 0,05$), and turbidity in seawater and river water ($p > 0,05$).

Keywords: acetyl content, cellulose acetate, degree of substitution, inversion phase, membrane.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Rumput Laut	6
2.2. Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	9

2.3.	Selulosa	12
2.4.	Selulosa Asetat	16
2.5.	Kadar Asetil	18
2.6.	Membran Selulosa Asetat.....	20
2.7.	Karakterisasi Selulosa, Selulosa Asetat dan Membran	23
2.7.1.	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	23
2.7.2.	Mikroskop Digital	25
2.7.3.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	26
2.7.4.	Uji Ketebalan dan Kuat Tarik Membran	26
2.8.	Pengujian Karakteristik Air	27
2.8.1.	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	27
2.8.2.	Kekeruhan	27
2.8.3.	Salinitas	28
2.8.4.	Kandungan logam (Cu, Zn dan Pb)	29
2.9.	Kerangka Pikir dan Hipotesis.....	30
2.9.1.	Kerangka Pikir Penelitian.....	30
2.9.2.	Hipotesis	33
	BAB III. METODE PENELITIAN	34
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.2.	Alat dan Bahan	34
3.2.1.	Alat Penelitian	34
3.2.2.	Bahan Penelitian	35
3.3.	Prosedur Kerja	35

3.3.1. Preparasi Sampel	35
3.3.2. Isolasi Selulosa dari Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	36
3.3.3. Sintesis Selulosa Asetat	37
3.3.4. Uji Kualitatif Selulosa dan Selulosa Asetat	38
3.3.5. Uji Kuantitatif Selulosa Asetat.....	38
3.3.6. Pembuatan Membran Selulosa Asetat	41
3.3.7. Uji Karakteristik Membran Selulosa Asetat	41
3.3.8. Uji Membran dengan Air	42
3.3.9. Pengujian Karakteristik Air	42
3.4. Teknik Analisis Data	45
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Preparasi sampel	46
4.2. Isolasi Selulosa dan Sintesis Selulosa Asetat	47
4.3. Uji Kadar Asetil, DS dan Kelarutan Selulosa Asetat	52
4.4. Karakterisasi FTIR Selulosa dan Selulosa Asetat	55
4.5. Pembuatan Membran Selulosa Asetat	57
4.6. Uji Karakteristik Membran	59
4.7. Uji Karakteristik Air dengan Membran	62
BAB V. PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Nomor urut.	Halaman
1. Kandungan Kimia Rumput Laut Kering	9
2. Komposisi Kimia <i>Gracilaria sp.</i>	11
3. Penggolongan Selulosa Asetat	18
4. Bilangan Gelombang Beberapa Jenis Ikatan	24
5. Hasil Uji Proksimat	46
6. Hasil Analisis Sintesis Selulosa Asetat	54
7. Uji Kelarutan Selulosa Asetat	55
8. Hasil Analisa dan Statistik Uji TSS.....	63
9. Hasil Analisa dan Statistik Uji Salinitas	64
10. Hasil Analisa dan Statistik Uji Turbiditas	66
11. Hasil Analisa dan Statistik Uji Kadar Logam	68

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut.	Halaman
1. Rumput Laut Merah (<i>Gracilaria sp.</i>)	10
2. Struktur Kimia Selulosa	12
3. Struktur Selulosa Asetat	16
4. Reaksi Sintesis Selulosa Asetat	17
5. Kerangka Pikir Penelitian	32
6. Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i> dan serbuk <i>Gracilaria sp.</i>	47
7. Hidrolisis dan Delignifikasi Selulosa dari <i>Gracilaria sp</i>	47
8. Reaksi Delignifikasi dengan NaOH	48
9. Hasil <i>Bleaching</i> Selulosa dengan H ₂ O ₂	49
10. Reaksi Asetilasi Selulosa Asetat	50
11. Selulosa dan Selulosa Asetat dengan Mikroskop Digital	52
12. Spektrum FTIR Selulosa dan Selulosa Asetat	57
13. Proses Pembuatan Membran dengan Teknik Inversi Fasa	58
14. Hasil Analisa Membran Selulosa Asetat dengan SEM	60
15. Hasil Uji Kuat Tarik Membran dengan UTM	61

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut.	Halaman
1. Bagan kerja Penelitian	83
2. Data hasil penelitian	89
3. Dokumentasi Penelitian	111

DAFTAR ARTI LAMBANG/ SINGKATAN

Singkatan/Lambang	Arti Singkatan/Lambang
AAS	<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>
BSE	<i>Back Scattered Electron</i>
DP	Derajat Polimerisasi
DS	Derajat Substitusi
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
HCL	<i>Hollow Cathode Lamp</i>
IR	<i>Infrared</i>
LH	Lingkungan Hidup
NIR	<i>Near-Infrared</i>
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
PEG	Poli Etilen Glikol
PP	<i>Phenolphthalein</i>
SE	<i>Secondary Electron (SE)</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
SDGs	<i>Sustainable Development Goals</i>
TSS	<i>Total Dissolved Solid</i>
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>
UV-Vis	<i>Ultraviolet Visible</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air bersih merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup, terutama bagi manusia dalam melakukan aktivitasnya sehari-hari (Suhendi, 2019). Namun berdasarkan penelitian Effendi dkk. (2018), tingkat konsumsi air bersih di dunia meningkat dua kali lipat setiap 20 tahun, melebihi dua kali laju pertumbuhan manusia. Beberapa pihak juga memperhitungkan bahwa pada tahun 2025, permintaan air bersih akan melebihi persediaan hingga mencapai 56%. Hal ini didukung oleh penelitian Al-Kharabsheh (2003) bahwa jumlah populasi penduduk di dunia akan terus bertambah dan meningkat sehingga kebutuhan air bersih juga akan terus meningkat.

Kebutuhan air bersih juga tercantum dalam tujuan *Sustainable Development Goals (SDGs)*, dimana salah satu targetnya adalah pada tahun 2030 yaitu memperbaiki kualitas air dengan mengurangi dan meminimalisir bahan kimia dan materi berbahaya dalam air laut (Suryani, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa dunia membutuhkan suatu cara untuk meningkatkan persediaan air bersih. Salah satu sumber yang berpotensi dijadikan sumber air bersih adalah air laut. Air laut dapat dijadikan air bersih dengan proses desalinasi.

Desalinasi adalah suatu proses merubah air laut menjadi air tawar. Tujuannya untuk mengurangi kandungan garam, mineral serta padatan terlarut lainnya pada air laut hingga level tertentu sehingga air dapat dijadikan air layak pakai. Dewasa ini, desalinasi sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan persediaan air bersih. Teknologi yang saat ini sedang marak digunakan untuk proses desalinasi adalah melalui proses pembuatan membran, namun harga membran komersial relatif mahal (Indriyani dkk., 2017). Hal tersebut menyebabkan perlunya teknologi untuk membuat membran dengan harga yang lebih murah.

Salah satu membran yang sering digunakan untuk proses desalinasi adalah membran selulosa asetat. Banyak tumbuhan yang berpotensi menghasilkan selulosa diantaranya bersumber dari eceng gondok (Thaiyibah dkk., 2016), tandan kosong kelapa sawit (Apriani dkk., 2017), pelepah pohon pisang (Husni dkk, 2018), tumbuhan rumput laut *Eucheuma spinosum* (Dzikro dkk, 2013), dan rumput laut *Gracilaria vermiculophylla* (Yulandri, 2020). Namun dari penelitian-penelitian tersebut hanya sampai pada tahap sintesis selulosa asetat dan belum sampai pada tahap pemanfaatan selulosa asetat, sehingga pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran selulosa asetat dari rumput laut *Gracilaria sp.* dengan *plasticizer* Polietilen Glikol (PEG).

Sulawesi Selatan memiliki potensi pengembangan rumput laut pada area seluas 250 ribu hektar di sepanjang 1.973 km garis pantai, dan baru sekitar 10-20% yang dimanfaatkan. Potensi produksi rumput laut di

Sulawesi Selatan adalah jenis *Gracilaria sp.* sebesar 320.000 ton dan jenis *Euchema cottoni* 465.000 ton yang tersebar di beberapa kabupaten pantai. Selama ini Sulawesi Selatan adalah salah satu provinsi yang mempunyai produksi rumput laut terbesar kedua di dunia setelah Negara Chili. Kabupaten Takalar merupakan salah satu daerah di Sulawesi Selatan yang mempunyai potensi produksi rumput laut *Gracilaria sp.* (Agustang, 2021). Rumput laut jenis ini mengandung karbohidrat dan galaktan yang lebih dominan, sehingga rumput laut banyak digunakan dalam pembuatan karagenan dan agar. Rumput laut jenis ini juga mengandung selulosa sekitar 26,12% (Nurhayati dkk., 2014). Kandungan selulosa dalam rumput laut ini berpotensi untuk disintesis menjadi selulosa asetat yang direaksikan dengan asam asetat dan dijadikan sebagai membran untuk proses desalinasi air menjadi air layak pakai.

Selulosa asetat memiliki keuntungan sebagai bahan baku membran seperti selektifannya yang cukup tinggi sehingga mampu menahan materi-materi yang kecil (Indriyani, 2017). Selulosa asetat juga mampu membentuk struktur asimetrik pada membran, serta dapat membentuk lapisan yang sangat tipis (Wibowo dkk, 2012) dan memiliki kemampuan menurunkan kadar garam (Setiasih, 2009)

Membran selulosa asetat digunakan sebagai filter untuk menyaring beberapa jenis air seperti air laut, air sungai dan air danau sehingga dapat melihat perubahan karakteristik jenis air sebelum dan sesudah disaring. Pengujian karakteristik air laut menggunakan beberapa

parameter yaitu: uji *Total Dissolved Solid* (TSS), kekeruhan (*turbidity*), salinitas (*salinity*) dan kadar logam seperti Tembaga (Cu) Seng (Zn) dan Timbal (Pb).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik selulosa asetat hasil sintesis dari selulosa rumput laut *Gracilaria sp.* ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan polietilen glikol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan membran selulosa asetat ?
3. Bagaimana hasil penyaringan air laut, air sungai dan air danau dengan menggunakan membran selulosa asetat ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan karakteristik selulosa asetat dari selulosa rumput laut *Gracilaria sp.*
2. Menganalisis pengaruh penambahan polietilen glikol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan membran selulosa asetat
3. Menguji hasil penyaringan air laut, air sungai dan air danau dengan menggunakan membran selulosa asetat

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memanfaatkan bahan alam yang ada di daerah pesisir menjadi sesuatu yang berdaya guna tinggi yaitu membran selulosa asetat hasil sintesis dari rumput laut *Gracilaria sp.* yang berfungsi sebagai filter air laut untuk meningkatkan kualitas air laut di daerah pesisir.
2. Memberikan informasi kepada para peneliti tentang pengaruh penambahan polietilen glikol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan membran selulosa asetat ?
3. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa membran selulosa asetat hasil sintesis dari rumput laut *Gracilaria sp.* dapat digunakan sebagai filter untuk meningkatkan kualitas air laut, air sungai dan air danau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumput Laut

Indonesia merupakan negara yang subur dan kaya akan sumber daya alam serta memiliki laut yang luas. Indonesia, kurang lebih dari 70% wilayahnya terdiri dari laut, yang pantainya memiliki kekayaan akan hasil jenis sumber hayati dan lingkungan yang potensial. Luas pantainya mencapai kurang lebih 81.000 km. Perairan di Indonesia sangat luas, lebih luas dibandingkan daratan. Pantainya yang subur bisa dimanfaatkan dalam sektor kelautan. Salah satu komoditas unggulan sumber daya laut ialah rumput laut (Kordi, 2011).

Rumput laut (*seaweed*) merupakan salah satu tumbuhan laut yang termasuk dalam kelompok makro alga *benthic* atau *benthic algae* yang habitat hidupnya di dasar perairan dengan cara melekat. Tanaman ini tidak bisa diperbedakan bagian antara akar, batang dan daun, sehingga bagian tumbuhan tersebut disebut *thallus*. Bentuk *thallus* ini beragam, ada yang bulat seperti tabung, pipih, gepeng, bulat seperti kantong, atau ada juga yang seperti rambut. Rumput laut tumbuh di alam dengan melekatkan diri pada karang, lumpur, pasir, batu dan benda keras lainnya. Selain benda mati, rumput laut pun dapat melekat pada tumbuhan lain (Anggadiredja dkk, 2006).

Jenis-jenis rumput laut yang dibudidayakan di Indonesia (Kordi, 2011) yaitu : Rumput laut atau alga laut yang tergolong dalam divisi *Thallophyta*. *Thallophyta* adalah jenis tumbuhan berthalus yang terdiri atas 3 kelas, yaitu alga hijau (*Chlorophyceae*), alga cokelat (*Phaeophyceae*), dan alga merah (*Rhodophyceae*)

1. Alga Hijau

Alga hijau (*Chlorophyceae*) dapat ditemukan pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di daerah yang memiliki penyinaran yang cukup. Rumput laut jenis ini tumbuh melekat pada substrat seperti batu, batu karang mati, cangkang *molusca*, dan ada juga yang tumbuh di atas pasir. Di Indonesia rumput laut jenis ini terdapat sekitar 12 marga. Terdapat sekitar 14 jenis telah dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi dan obat.

2. Alga Cokelat

Perairan Indonesia terdapat sekitar 8 marga kelas alga cokelat atau rumput laut cokelat (*Phaeophyceae*). Tumbuhan jenis ini merupakan kelompok alga laut penghasil algin (*Alginofit*). Jenis rumput laut cokelat yang berasal dari kelas ini yang terutama sebagai penghasil algin ialah *Sargassum sp.*, *Cystoseira sp.*, dan *Turbinaria sp.* Alga cokelat merupakan jenis rumput laut yang memiliki ukuran besar. Alga cokelat ada yang membentuk padang alga di laut lepas.

3. Alga Merah

Alga merah (*Rhodophyceae*) atau yang biasa disebut rumput laut merah merupakan kelas dengan spesies yang bernilai ekonomis dan paling

banyak dimanfaatkan. Tumbuhan jenis ini di dalam dasar laut sebagai fitobentos dengan menancapkan dirinya pada substrat lumpur, pasir, karang hidup, karang mati, cangkang *mollusca*, batu vulkanik ataupun kayu. Habitat atau tempat hidup umum tumbuhan jenis ini adalah terumbu karang. Tumbuhan jenis ini hidup pada kedalaman mulai dari garis pasang surut terendah sampai sekitar 40 meter. Di Indonesia alga merah atau rumput laut merah terdiri dari 17 marga dan 34 jenis serta 31 jenis diantaranya sudah banyak dimanfaatkan dan bernilai ekonomis. Jenis rumput laut yang termasuk dalam kelas alga merah sebagai penghasil karaginan adalah *Kappaphycus* dan *hypnea*, sedangkan yang mengandung agar-agar (*agarofit*) adalah *Gracilaria* dan *Gelidium*.

Rumput laut mempunyai komposisi kimia yang berbeda-beda. Perbedaan komposisi kimia rumput laut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa faktor tersebut adalah perbedaan genetik, spesies, habitat tumbuh, umur panen dan juga kondisi lingkungan (Ortiz dkk., 2006). Di Indonesia komposisi nilai gizi rumput laut sudah banyak dilaporkan. Rumput laut memiliki seperti kandungan karbohidrat, protein, lemak, abu, berbagai macam vitamin misalnya vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan mineral yaitu K, Ca, Na, Fe, dan iodium (Somala, 2002). Senyawa bioaktif yang dimiliki misalnya florotanin, flavonoid yang berperan sebagai pertahanan dari radiasi sinar ultraviolet (UV) dan sebagai antioksidan alami (Prasiddha dkk., 2016). Kandungan kimia rumput laut kering dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kandungan Kimia Rumput Laut Kering (Lutfa, 2013).

Parameter	Kandungan (Tiap 100 g bahan)
Kadar Karbohidrat (g)	83,5
Kadar Protein (g)	1,3
Kadar Lemak (g)	1,2
Kadar Serat (g)	2,7
Kadar Abu (g)	4,0
Kadar Kalsium (g)	756,0
Kadar Besi (g)	7,8
Kadar Fosfor (g)	18
Kadar Natrium (g)	115
Kadar Kalium (g)	107
Kadar Thiamine (g)	0,01
Kadar Riboflavin (g)	0,22
Kadar Niasin (g)	0,2

2.2. Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Genus *Gracilaria* adalah salah satu kelompok makroalga yang memiliki 300 spesies. Genus ini terdiri dari alga merah, alga hijau, dan alga coklat kehijauan (Almeida dkk., 2011). Salah satunya adalah *Gracilaria sp.* yang merupakan jenis alga merah (*Rhodophyceae*) yang hidupnya di daerah tropik dan subtropik dan tumbuh dominan di perairan laut dangkal (Komarawidjaja, 2008). China dan Indonesia sejauh ini merupakan produser terbesar dengan agregasi produksi lebih dari 23 juta ton pada tahun 2014 (Agustang dkk., 2021).

Rumput laut jenis *Gracilaria sp.* memiliki tingkat produksi yang cepat dibandingkan dengan lainnya yaitu sekitar 7-13% dan tingkat pertumbuhannya dapat bertambah hingga 20% setiap harinya (Andini dkk., 2015). Sehingga rumput laut jenis ini adalah jenis rumput laut yang banyak

dibudidayakan di tambak dan telah berhasil dibudidayakan di Indonesia (Mulyaningrum dkk., 2014). Klasifikasi *Gracilaria sp.* menurut Anggadiredja dkk. (2006) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Protista
Phylum	: Rhodophyta
Class	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Gracilariaceae
Genus	: <i>Gracilaria</i>
Species	: <i>Gracilaria sp.</i>



Gambar 1. Rumput Laut Merah (*Gracilaria sp.*).

Potensi penggunaan rumput laut *Gracilaria sp.* dalam bidang industri pangan sangat besar. *Gracilaria sp.* adalah rumput laut penghasil agar-agar dari kelas *Rhodophyceae* (ganggang merah), famili *Gracilariaceae*. Agar-agar ini menjadi sangat penting karena memiliki fungsi sebagai zat pengental, pengemulsi, penstabil dan pensuspensi yang banyak digunakan dalam berbagai industri seperti industri makanan,

minuman, farmasi, biologi dan lain lain. Sebagian besar agar-agar digunakan dalam industri makanan dalam bentuk *jelly*, *ice cream*, makanan kaleng (daging dan ikan) dan roti, permen manisan, selai (Anggadiredja dkk., 2006). *Gracilaria sp.* juga banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai makanan seperti salad dan sup, sebagai pakan, sebagai abalon, sebagai calon potensial, untuk nutrisi *removal* untuk pengolahan air limbah dan sebagai biomassa (Sahu, 2013).

Komponen utama rumput laut menurut Kiliņç dkk., (2013) adalah karbohidrat (polisakarida) dan protein yang serupa dengan gandum. Semua rumput laut mengandung karbohidrat yang tinggi (gula dan pati) dalam struktur kimia polisakarida mengandung gel. *Gracilaria sp.* memiliki kandungan karbohidrat sebanyak 70% (Hasanah, 2007). Selain itu, *Gracilaria sp.* dikenal sebagai penghasil fitokimia aktif secara biologis yaitu karotenoid, terpenoid, xantofil, *phycobilins*, asam lemak tak jenuh, polisakarida, vitamin, sterol, *tecopherol* dan *phycocyanins* (Francavilla dkk., 2013). Komposisi kimia *Gracilaria sp.* seperti pada **Tabel 2**.

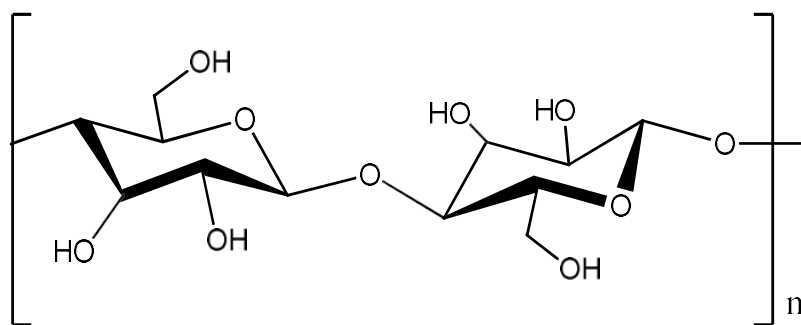
Tabel 2. Komposisi Kimia *Gracilaria sp.* (Princestasari, 2015)

Parameter	Kandungan (Tiap 100 g bahan)
Kadar air (%bb)	89,91
Kadar abu (%bk)	8,09
Kadar lemak (%bk)	11,05
Kadar protein (%bk)	0,31
Kadar karbohidrat (%bk)	79,08
Serat kasar (%bk)	-
Serat pangan total (%bb)	9,76
Iodium (ppm, %bk)	29,94

Keterangan: *bb = basis basah, **bk = basis kering

2.3. Selulosa

Selulosa merupakan senyawa karbohidrat rantai lurus dengan glukosa sebagai monomer penyusunnya, dimana antar monomernya dihubungkan oleh ikatan glikosida (Karlsson, 2006). Selulosa tersusun dari unit-unit anhidroglukopiranososa yang tersambung dengan ikatan β -1,4-glikosidik membentuk suatu rantai makromolekul tidak bercabang. Setiap unit anhidroglukopiranososa memiliki tiga gugus hidroksil (Potthast dkk., 2006; Zugenmainer, 2008). Selulosa mempunyai rumus empirik $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan $n \sim 1500$ dan berat molekul ~ 243.000 (Rowe dkk., 2009). Struktur selulosa terdiri dari rantai polimer β -glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida 1,4 yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur Kimia Selulosa.

Selulosa merupakan homopolimer yang terdiri atas unit β -D-glukopiranososa yang terikat bersama-sama oleh ikatan (1,4)-glikosida, dimana n merupakan derajat polimerisasi (DP) selulosa (Klemm dkk., 2005). Menurut Chen (2014), selulosa mengandung karbon (44,44%),

hidrogen (6,17%), dan oksigen (49,39%). Pada umumnya, kandungan selulosa berkisar 40–50% dari berat kering bahan berlignoselulosa. Variasi kandungan selulosa ini dipengaruhi oleh tempat tumbuh, jenis biomassa, umur tumbuhan, letak dalam batang tumbuhan, dan faktor lingkungan.

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling melimpah di bumi. Diperkirakan sekitar 1011 ton selulosa dibiosintesis tiap tahun dan selulosa mencakup sekitar 50% dari karbon tak bebas di bumi. Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan (Fessenden, 1992). Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan dari pohon tingkat tinggi hingga organisme primitif, seperti alga, flagelata, dan bakteri (Fengel, 1995). Organisme alga dapat dijadikan sebagai salah satu sumber alternatif selulosa (Fatriasari dkk., 2019). Selulosa dari alga ini dapat digunakan untuk permurnian air (penyerap minyak dan limbah pewarnaan) seperti yang diteliti oleh Štefelova dkk., (2017).

Derajat polimerisasi merupakan panjang pendeknya ukuran rantai molekul polimer selulosa. DP merupakan rasio antara berat molekul selulosa dan berat molekul satu unit glukosa (Fatriasari dkk., 2019). Menurut Sumada, dkk (2011) Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH), selulosa dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

1. α -Selulosa (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP

600-15000. α -selulosa dipakai sebagai penduga dan atau tingkat kemurnian selulosa. Selulosa dengan derajat kemurnian $\alpha > 92\%$ memenuhi syarat untuk bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak. Sedangkan selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri kain (serat rayon). Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik pula mutu bahannya.

2. Selulosa β (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15–90, dapat mengendap bila dinetralkan.
3. Selulosa γ (*Gamma Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa.

Selulosa merupakan salah satu komponen dari lignoselulosa. Dimana lignoselulosa adalah komponen organik di alam yang berlimpah dan terdiri dari tiga tipe polimer, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Anindiyawati, 2009). Lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi, tersusun atas unit-unit fenilpropan. Meskipun tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen, lignin bukanlah suatu karbohidrat. Lignin sangat stabil dan sukar dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam karena suatu lignin yang pasti di dalam kayu tidak menentu (Harahap, 2012). Untuk memperoleh kandungan selulosa murni,

maka dilakukan proses delignifikasi yakni berguna menghilangkan kandungan selain selulosa, yaitu lignin dan hemiselulosa (Rohman, 2020).

Delignifikasi merupakan salah satu tahapan untuk menghilangkan kandungan lignin dalam berbagai bahan organik. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi adalah (Sumada dkk., 2011):

1. Waktu pemasakan, semakin besar konsentrasi lignin semakin lama waktu pemasakan (kisaran antara 1- 4 jam).
2. Konsentrasi larutan pemasak, jika kadar lignin besar, maka konsentrasi larutan pemasak juga harus besar.
3. Pencampuran bahan, dipengaruhi oleh pengadukan. Dengan pengadukan, akan dapat meratakan larutan dengan bahan baku yang akan dipisahkan ligninnya.
4. Perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku. Semakin kecil perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku, maka lignin yang didegradasi akan kecil juga.
5. Ukuran bahan, semakin besar ukuran bahan maka semakin lama waktu prosesnya.
6. Suhu dan tekanan, semakin besar suhu dan tekanan, maka semakin cepat waktu prosesnya.

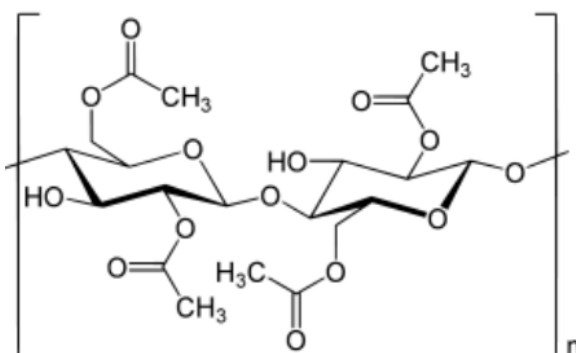
Pada proses delignifikasi semakin banyak jumlah NaOH yang diberikan maka semakin mudah lignin akan terdegradasi. Kenaikan kandungan selulosa juga disebabkan karena sebagian lignin dan hemiselulosa terlarut

pada saat proses delignifikasi sehingga kandungan akan selulosa meningkat (Rahmatullah, 2020).

Menurut penelitian Saleh dkk. (2009), dikatakan bahwa pada waktu pemasakan tinggi menghasilkan kadar selulosa yang cenderung menurun dan kadar lignin semakin besar. Jika semakin tinggi lignin yang terkandung, maka proses bleaching semakin sulit dan kualitas yang dihasilkan pun kurang baik (Thaib dkk., 2020). Karena selulosa merupakan serat berwarna putih, maka proses bleaching merupakan proses penting guna melarutkan sisa senyawa lignin yang dapat menyebabkan perubahan warna, pencucian dilakukan dalam air atau alkali (Sumada dkk., 2011).

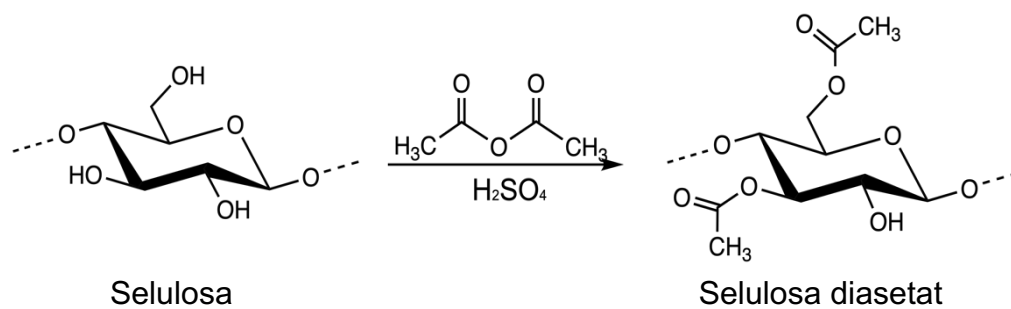
2.4. Selulosa Asetat

Selulosa asetat merupakan ester organik yang berbentuk padatan tidak berbau, tidak beracun, tidak berasa dan berwarna putih yang dibuat dengan mereaksikan selulosa dengan asam asetat anhidrida dengan bantuan asam sulfat sebagai katalis yang disebut dengan proses asetilasi (Seto, 2013)



Gambar 3. Struktur Selulosa Asetat

Proses pembuatan selulosa asetat mencakup tiga tahap penting yaitu tahap *swelling* (pengembangan), tahap asetilasi dan tahap hidrolisis. Pada tahap *swelling*, aktivator yang digunakan adalah asam asetat glasial. *Swelling* diperlukan agar reaksi esterifikasi dapat berlangsung dengan baik karena akan menyebabkan pengembangan serat selulosa sehingga didapat permukaan selulosa yang luas untuk membantu meningkatkan reaktivitas selulosa terhadap reaksi asetilasi. Pada tahap asetilasi, selulosa hasil *swelling* ditambahkan asetat anhidrida dan asam sulfat pekat yang berfungsi sebagai katalis. Proses asetilasi merupakan reaksi eksoterm, sehingga suhu harus dijaga tetap rendah supaya tidak terjadi depolimerisasi rantai selulosa (Seto, 2013).



Gambar 4. Reaksi Sintesis Selulosa Asetat (Dyer, 2013).

Selulosa asetat dapat digolongkan menjadi tiga yaitu selulosa monoasetat, diasetat dan triasetat. Selulosa monoasetat adalah selulosa asetat dengan satu gugus asetil tersubstitusi pada struktur selulosa. Selulosa diasetat adalah selulosa asetat dengan dua gugus asetil tersubstitusi pada struktur selulosa sedangkan selulosa triasetat adalah selulosa asetat dengan tiga gugus asetil struktur selulosa (Sjostrom, 1995).

Tabel 3. Penggolongan Selulosa Asetat (Fengel, 2005)

Selulosa	Kadar Asetil	DS	Pelarut	Penggunaan
	13,0-18,6	0,6-0,9	Air	-
Monoasetat	22,2-32,3	1,2-1,8	2- metoksietanol	Plastik, cat, laker
Diasetat	36,5-42,2	2,2-2,7	Aseton	Benang, membran, film
Triasetat	43,6-44,8	2,8-3,0	Kloroform	Kain, pembungkus

2.5. Kadar Asetil

Dua atom karbon, tiga atom hidrogen, dan satu atom oksigen merupakan molekul penyusun asetil. Reaksi kimia dimana gugus asetil ditambahkan ke molekul lain merupakan pengertian asetilasi. Kadar asetil merupakan ukuran jumlah asam asetat yang diesterifikasi pada rantai selulosa. Tujuan proses asetilasi selulosa adalah untuk menggantikan sebagian atau seluruh gugus hidroksil (OH), dengan gugus asetil (CH₃CO) dari anhidrida asetat menjadi selulosa asetat (Yulandri, 2020). Kualitas selulosa asetat sangat dipengaruhi oleh kadar asetil dan derajat substitusi karena dapat menentukan tingkat kelarutan selulosa asetat dalam pelarut yang sesuai. Kadar asetil selulosa asetat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya nisbah selulosa dan asetat anhidrida, waktu asetilasi dan interaksi antar perlakuan (Susanti, 2003).

Menurut Seto (2013), faktor-faktor yang memengaruhi kadar asetil yaitu:

1. Kandungan air selulosa
2. Zat asetilasi pada selulosa

Meningkatnya rasio anhidrida asetat akan meningkatkan kadar asetil

selulosa.

3. Katalis

Reaksi asetilasi memerlukan penambahan katalis asam sulfat yang bertujuan untuk menurunkan energi aktivasi reaksi, karena jika energi aktivasi turun maka akan semakin mudah terjadi reaksi kimia substitusi gugus asetil lebih banyak oleh gugus hidroksil.

4. Massa awal selulosa

Saat proses asetilasi, jumlah awal selulosa menjadi selulosa asetat berpengaruh yang berhubungan langsung dengan jumlah katalis yang digunakan.

5. Temperatur

Suhu tinggi pada proses asetilasi dapat mempercepat terjadinya reaksi asetilasi. Suhu optimum untuk proses asetilasi berkisar antara 50-85°C.

Proses asetilasi sebaiknya berjalan pada suhu 40–50°C, karena jika lebih maka bahan akan mudah menguap dan ada sebagian yang akan rusak karena panas berlebih. Sehingga menyebabkan jumlah rendemen selulosa asetat berkurang (Fitriyano, 2016). Kadar asetil selulosa asetat dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Asetil (\%)} = \frac{[(D - C) N_a + (A - B) N_b] \times F}{W} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- A = Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi sampel (mL)
 B = Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi blanko (mL)

C	= Volume HCl yang dibutuhkan untuk titrasi sampel (mL)
D	= Volume HCl yang dibutuhkan untuk titrasi blanko (mL)
Na	= Konsentrasi HCl (N)
Nb	= Konsentrasi NaOH (N)
W	= Berat sampel (g)
F	= 4,305

2.6. Membran Selulosa Asetat

Kata membran diambil dari Bahasa Latin “membrana” yang diartikan sebagai kulit kertas. Membran kemudian diperluas artinya menjadi lembaran tipis bersifat semipermeabel dan selektif terhadap spesi tertentu (Novianti, 2013). Membran kemudian didefinisikan sebagai suatu media berpori, yang berbentuk film tipis dan bersifat semipermeabel yang memiliki fungsi untuk memisahkan variabel partikel dengan ukuran molekuler (spesi) tertentu dalam suatu sistem larutan. Spesi yang lebih besar dari ukuran pori membran akan tertahan sedangkan yang lebih kecil dari pori membrane akan lolos menembus pori membran (Puspita, 2019).

Menurut Sharma (2020), terdapat 4 proses pemisahan dengan membran, yaitu :

1. Mikrofiltrasi (MF): Membran mikrofiltrasi dapat memisahkan partikel dengan ukuran 0,025-10 μm dengan tekanan hingga 2 bar. Mikrofiltrasi sering digunakan pada industri pangan untuk pemisahan bakteri dari produk pangan, pengolahan air limbah perkotaan, proses akhir pengolahan limbah logam berat, pemisahan emulsi minyak air, dan untuk pemisahan pengotor pada cairan pelumas.

2. Ultrafiltrasi (UF): Proses ultrafiltrasi berada di antara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,05 μm sampai 1 nm. Ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya.
3. Nanofiltrasi (NF): Membran nanofiltrasi dapat memisahkan partikel dengan ukuran 0,2-1 kDa dengan tekanan 2 hingga 25 bar. Membran ini sering digunakan pada pemisahan mikropolutan dalam air, pemisahan zat-zat karsinogenik dalam air, pemisahan kerak dalam air sadah, dan desalinasi air payau.
4. *Reverse Osmosis* (RO): Proses ini umumnya digunakan untuk memisahkan bahan yang mempunyai berat molekul rendah atau bahan-bahan organik dari larutan, contohnya 10 proses desalinasi air laut.

Menurut Wenten (2010), terdapat beberapa teknik untuk membuat membran yaitu *sintering*, *stretching*, *track-etching* dan inversi fasa.

1. **Sintering** adalah teknik yang sangat sederhana, bisa dilakukan baik pada bahan anorganik maupun organik. Bubuk dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Selama *sintering* antar muka antara partikel yang berkontak hilang membentuk pori. Teknik ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1 sampai 10 μm .
2. **Stretching** adalah suatu metode pembuatan membran dimana film yang telah diekstrusi atau *foil* yang dibuat dari bahan polimer semi

kristalin ditarik searah proses ekstruksi sehingga molekul-molekul kristalnya akan terletak paralel satu sama lain. Jika stress mekanik diaplikasikan maka akan terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori dengan ukuran 0,1 sampai 0,3 μm .

3. **Track-Etching** merupakan metode dimana film atau foil ditembak oleh partikel radiasi berenergi tinggi tegak lurus ke arah film. Partikel akan merusak matriks polimer dan membentuk suatu lintasan. Film kemudian dimasukkan ke dalam bak asam atau basa dan matriks polimer akan membentuk goresan sepanjang lintasan untuk selanjutnya membentuk pori silinder yang sama dengan distribusi pori yang sempit.
4. **Inversi fasa** adalah suatu proses perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Proses pepadatan (solidifikasi) ini diawali dengan transisi dari fasa cair ke fasa dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Tahap tertentu selama proses demixing, salah satu fasa cair (fasa polimer konsentrasi tinggi) akan memadat sehingga akan terbentuk matriks padat.

Kemampuan membran untuk memindahkan komponen lebih cepat dibandingkan dengan komponen lainnya disebabkan karena adanya gaya dorong dan perbedaan sifat kimia dan fisika antara membran dan komponen permeat. Membran merupakan media yang bersifat sebagai filter yang dapat memisahkan campuran senyawa yang terlarut dengan cara yang amat spesifik. Proses pemisahan dapat terjadi bila ada perbedaan sifat diantara senyawa yang akan dipisahkan, seperti perbedaan ukuran

molekul, perbedaan interaksi antara senyawa terlarut dengan membran ataupun perbedaan fisik lainnya

2.7. Karakterisasi Selulosa, Selulosa Asetat, dan Membran

2.7.1. *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

FTIR merupakan salah satu instrumen atau alat analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Prinsip dasar FTIR adalah pengidentifikasian gugus fungsi suatu senyawa dari serapan inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa yang dianalisa dapat dibedakan (Sankari, 2010). Setiap sampel yang diuji memiliki senyawa yang menyerap energi dari cahaya *infrared* sehingga molekul tersebut akan terksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi. Penyerapan energi tersebut mengakibatkan perubahan energi vibrasi yang terjadi pada molekul tersebut. Vibrasi molekul dapat digolongkan menjadi vibrasi regangan (*stretching*) dan vibrasi bengkokan (*bending*) (Noor, 2010).

Keuntungan dari penggunaan FTIR diantaranya tidak menyebabkan kerusakan pada sampel yang dianalisis, dapat menganalisa senyawa organik ataupun anorganik pada berbagai bentuk fisik (padat, cair maupun gas) serta memiliki referensi standar untuk berbagai senyawa kimia yang telah diterbitkan diseluruh dunia sehingga dapat dijadikan rujukan dan acuan dalam menganalisis bilangan-bilangan gelombang yang

muncul (Uddin, 2012). Bilangan gelombang beberapa jenis ikatan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Bilangan Gelombang Beberapa Jenis Ikatan (Day, 2002).

Gugus		Frekuensi (cm ⁻¹)
OH	Alkohol	3580-3650
	Asam	2500-2700
NH	Amina	3300-3700
CH	Alkana	2850-2960
	Alkena	3010-3095
	Alkuna	3300
	Aromatik	~3030
C≡C	Alkuna	2140-2260
C=C	Alkena	1620-1680
	Aromatik	~1600
	Aldehida	1720-1740
C=O	Keton	1675-1725
	Asam Karboksilat	1625-1725
	Ester	1720-1750
	Nitril	2000-2300
C≡N	Nitril	2000-2300
NO ₂	Nitro	1500-1650

Analisis dengan FTIR digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam selulosa dan selulosa asetat yang telah diperoleh. Gugus-gugus yang akan diidentifikasi pada analisis ini adalah gugus O-H, C-O, C-H dan gugus identik penyusun pada senyawa selulosa asetat setelah disintesis dengan asam asetat anhidrida yaitu gugus karbonil (C=O). Bilangan-bilangan gelombang lain yang muncul pada grafik dapat menjadi data pendukung untuk mengidentifikasi kebenaran dan kesesuaian senyawa selulosa dan selulosa yang telah diperoleh.

2.7.2. Mikroskop Digital

Mikroskop merupakan alat yang sering digunakan untuk melihat benda kecil (objek berskala mikro) yang tidak dapat dilihat jelas oleh mata secara langsung. Mikroskop digital merupakan salah satu pengembangan dari mikroskop cahaya yang gambar dapat ditampilkan pada layar monitor komputer. Mikroskop digital proses pengamatan preparat dilakukan dengan lebih detail (mikroskop untuk melihat obyek benda lebih kecil dan detail serta dapat mengamati hasil dari objek pada layar monitor) (Wicaksono dkk., 2009). Kemampuan mikroskop digital ini sangat membantu dunia penelitian yang membutuhkan ketelitian tingkat tinggi. Hasil observasi dan pengamatan penelitian tingkat tinggi bisa langsung didokumentasikan dan disimpan di dalam komputer sehingga semua data penelitian aman (Raya, 2013).

Cara kerja mikroskop digital, mikroskop digital memiliki hasil perbesaran yang lebih besar dari pada mikroskop optik jenis lainnya. Mikroskop digital menghasilkan gambar atau hasil pengamatan yang ditentukan oleh ukuran monitor tempat gambar akan ditampilkan. Oleh sebab itu, pembesarannya tergantung pada ukuran monitor tempat hasil pengamatan ditampilkan. Selain itu, mikroskop digital sudah memiliki sumber cahaya sendiri sehingga tidak lagi membutuhkan bantuan cahaya matahari. Hasil gambar akan otomatis ditampilkan pada monitor. Alat ini digunakan untuk melihat bentuk kristal selulosa dan selulosa asetat yang diperoleh.

2.7.3. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis dengan SEM digunakan untuk melihat morfologi membran selulosa asetat. SEM merupakan alat yang digunakan untuk uji mikrostruktur pada sebuah sampel (Febriany, 2010). SEM adalah suatu tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses *scan* dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola *scan raster*. Pada SEM dilengkapi dengan mikroskop optik yang digunakan untuk mempelajari tekstur, topografi, dan sifat permukaan bubuk atau padatan dan karena ketajaman fokus dari alat SEM sehingga gambar yang dihasilkan memiliki kualitas tiga dimensi yang pasti (West, 1999).

Analisis struktur membran dilakukan untuk melihat ukuran pori-pori membran yang dihasilkan dan berdasarkan ukuran pori-pori tersebut membran diklasifikasikan kedalam ukuran mikrofiltrasi, nanofiltrasi dan ultrafiltrasi (Lindu, 2010).

2.7.4. Uji Ketebalan dan Kuat Tarik Membran

Larutan *casting* selulosa asetat dicetak pada sebuah plat kaca dengan metode inversi fasa dan membran dikeringkan. Membran diuji kekuatan tariknya. Uji kuat tarik untuk mengukur gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah membran, sebelum membran tersebut putus atau robek. Kerusakan dapat terjadi oleh perpecahan karena tekanan yang tinggi dan berlebihan. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jenis dan jumlah filler yang ditambahkan pada proses pembuatan membran.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Andahera dkk. (2019), menunjukkan bahwa penambahan *plasticizer* mempengaruhi kenaikan kekuatan daya tarik membran. Alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan dan kuat tarik membran yaitu jangka sorong digital dan *Universal Testing Machine* (UTM).

2.8. Pengujian Karakteristik Air

Pengujian karakteristik air dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan paramater berikut:

2.8.1. Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah bahan tersuspensi yang terdiri dari lumpur dan jasad renik yang berasal dari kikisan tanah atau erosi yang terbawa ke dalam air (Fatimah, 2014) atau lebih jelasnya TSS merupakan padatan total yang tertahan oleh saringan (residu) dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid (Andini dkk., 2015). Metode yang dapat digunakan untuk uji TSS yaitu dengan metode gravimetri atau metode spektrofotometri (Serajuddin, 2019)

2.8.2. Kekeruhan

Turbidimetri merupakan suatu metoda analisis kuantitatif yang didasarkan pada pengukuran kekeruhan atau turbiditas dari suatu larutan akibat adanya partikel padat dalam larutan setelah sinar melewati suatu

larutan yang mengandung partikel tersuspensi. Artinya turbidimetri adalah analisis berdasarkan hamburan cahaya, hamburan cahaya terjadi akibat adanya partikel yang terdapat dalam larutan. Partikel ini menghamburkan cahaya ke segala arah yang mengenainya (Zamri, 2017). Turbidimeter adalah alat yang digunakan sebagai alat uji standar untuk mengetahui tingkat kekeruhan air (Nuzula dan Endarko, 2013). Satuan dari kekeruhan air ini yaitu NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) (Omar, 2009). Prinsip umum dari alat turbidimeter adalah sinar yang datang mengenai suatu partikel ada yang diteruskan dan ada yang dipantulkan, maka sinar yang diteruskan digunakan sebagai dasar pengukuran (Day dan Underwood, 1999).

Menurut penelitian Mooduto (2016), pada turbidimeter jika semakin besar dan banyak jumlah partikel, maka jumlah cahaya yang diserap (proses pemisahan bahan) akan semakin besar. Sejumlah cahaya ditembakkan dari sebuah sumber cahaya menuju monokromator, monokromator akan menguraikan cahaya dan meneruskannya menuju kuvet yang berisikan larutan sampel. Ketika cahaya melewati kuvet, maka terjadi tiga kemungkinan, cahaya akan diserap sebagian oleh partikel tersuspensi, sebagian cahaya diteruskan dan sebagian lagi menyebar ke segala arah. Cahaya yang diteruskan akan terbaca oleh detektor.

2.8.3. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi seluruh larutan garam dan ion-ion yang terdapat dalam air. Komposisi ion-ion dalam air didominasi oleh klorida, karbonat, bikarbonat, sulfat, natrium, kalsium dan magnesium.

Kadar salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, penguapan, curah hujan dan konsentrasi zat terlarut maupun pelarut yang terkandung dalam air (Siltri, 2015).

Penentuan nilai salinitas air laut dapat dilakukan melalui berbagai cara, baik berdasarkan metode kimia maupun fisika, Diantaranya yang umum dilakukan adalah metode titrasi khlor, metode berat jenis dengan alat *density hydrometer* yang mengukur berat jenis air laut dan nilai salinitas dihitung dari tabel alat tersebut atau dengan alat *salinity hydrometer* yang langsung menunjukkan nilai salinitas sampel, metode pembiasan cahaya dengan refraktometer, metode daya hantar listrik serta alat yang paling banyak digunakan sekarang yaitu salinometer. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰ atau ppt yaitu singkatan dari *part-per-thousand* (Arief D, 1984).

2.8.4. Kandungan logam

Banyak logam yang larut dalam air laut, air danau dan air sungai. Logam-logam ini tidak sedikit diperoleh dari kegiatan pencemaran aktivitas manusia. Jika kadar logam berat ini telah melampaui ambang batas yang ditetapkan akan mengakibatkan air sangat berbahaya karena logam bersifat toksik sehingga dapat merusak lingkungan dan kehidupan biota dari perairan tersebut (Deswati dkk, 2011). Selain itu, logam ini merupakan logam berat, sifat logam berat tidak dapat dimusnahkan secara alami. Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagaimasalah diantaranya: berkaitan dengan keindahan dan kebersihan seperti bau, warna dan rasa

air. Sehingga berbahaya bagi lingkungan, bagi kesehatan manusia dan menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) merupakan instrumen yang paling banyak digunakan untuk analisis kuantitatif logam berat dalam suatu sampel lingkungan (Morais, 2012). Metode AAS berprinsip pada penyerapan cahaya oleh atom, atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya (Aztiani D, 2010). Logam-logam yang dianalisis pada berbagai jenis air dalam penelitian ini yaitu tembaga (Cu), seng (Zn) dan timbal (Pb).

2.9. Kerangka Pikir Penelitian dan Hipotesis

2.9.1. Kerangka Pikir Penelitian

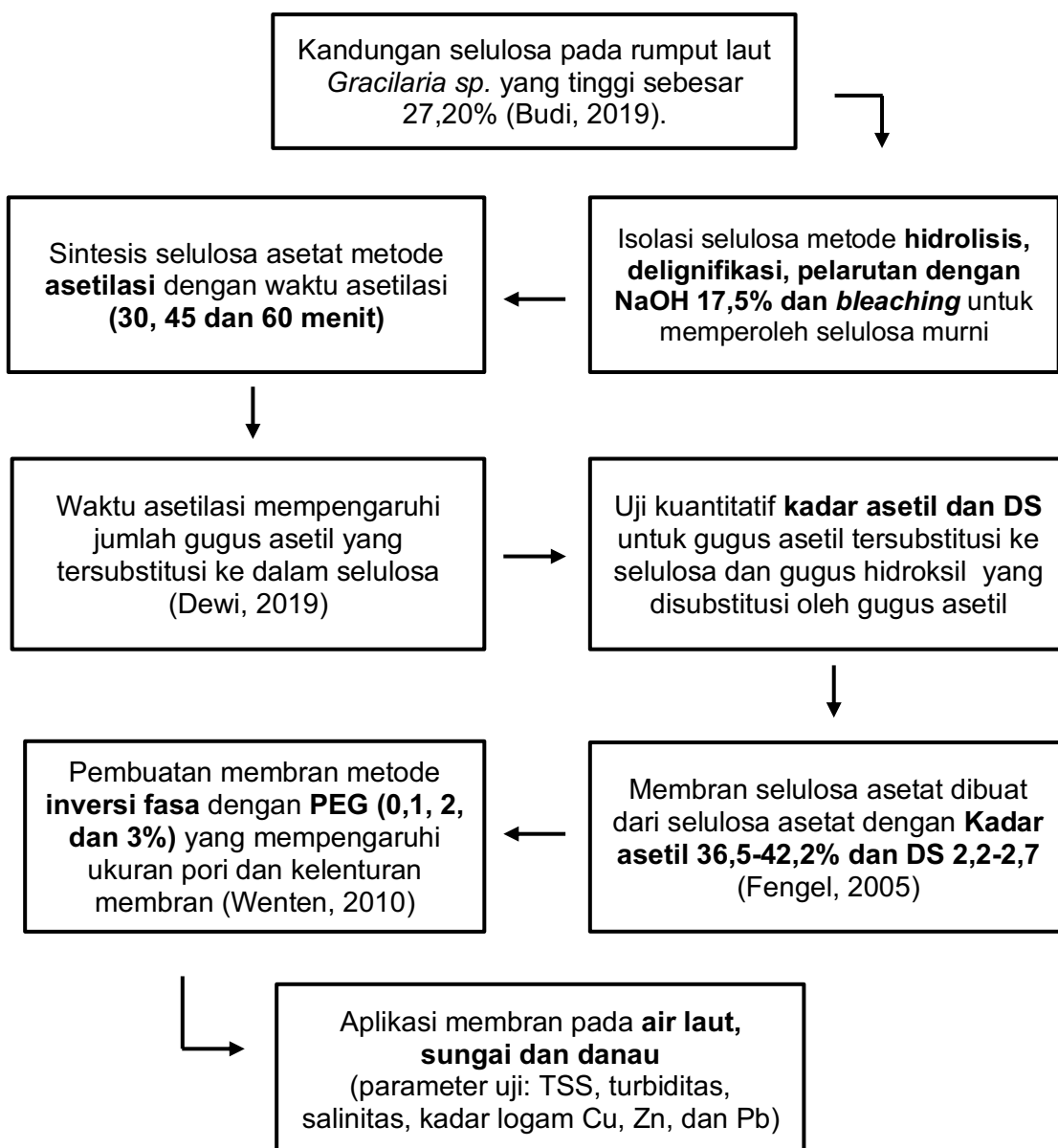
Rumput laut merupakan salah satu sumber hayati yang sangat melimpah. Salah satu jenis rumput laut adalah *Gracilaria sp.* yang merupakan jenis rumput laut merah. Rumput laut merah memiliki kandungan selulosa yang cukup banyak sebesar 27,20% (Budi, 2019) untuk diisolasi dan dijadikan selulosa asetat yang akan digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan membran. Selulosa dari rumput laut ini akan disintesis dengan asam asetat menjadi selulosa asetat melalui proses asetilasi yang kemudian dijadikan membran untuk menjernihkan dan meningkatkan kualitas air laut di daerah pesisir. Secara garis besar penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu: isolasi selulosa dari rumput laut merah *Gracilaria sp.*, sintesis selulosa asetat, pengujian kadar asetil

dan derajat substitusi, uji kelarutan, uji karakterisasi gugus fungsi, pembuatan membran selulosa asetat dan pengujian kualitas air laut dengan menggunakan membran selulosa asetat.

Pada tahap isolasi selulosa asetat dilakukan beberapa tahapan yaitu preparasi rumput laut merah *Gracilaria sp.*, delignifikasi, *bleaching* dan pemurnian sehingga diperoleh serbuk selulosa yang selanjutnya akan disintesis menjadi selulosa asetat. Pada tahap sintesis selulosa asetat dilakukan juga beberapa tahap yaitu aktivasi, asetilasi dengan variasi waktu 30, 45 dan 60 menit, hidrolisis, pengendapan dan pemurnian sehingga diperoleh padatan selulosa asetat murni yang sesuai sebagai bahan baku pembuatan membran selulosa asetat. Selulosa dan selulosa asetat yang diperoleh dikarakterisasi dengan FTIR dan diuji kelarutan serta dihitung kadar asetil dan derajat substitusinya untuk mengetahui jenis selulosa asetat yang diperoleh (Fengel, 2005). Pada penelitian ini diharapkan diperoleh selulosa diasetat. Selulosa asetat tersebut kemudian dibuat menjadi membran dengan penambahan PEG sebagai *plasticizer* untuk membuat membran mudah dibentuk (lentur). Hasil membran kemudian diukur ketebalan dan kuat tariknya serta dikarakterisasi dengan SEM untuk menunjukkan permukaan membran berpori serta ukuran porinya, Membran yang diperoleh akan digunakan sebagai filter untuk menjernihkan sampel air (air laut, sungai dan danau).

Parameter yang digunakan untuk melihat keefektifan membran selulosa asetat untuk menjernihkan air laut, air sungai dan air danau

dengan parameter uji TSS, salinitas, kekeruhan dan kandungan logam Cu, Zn dan Pb pada air laut. Keefektifan dari membran selulosa asetat untuk menjernihkan air laut akan dilihat dengan membandingkan parameter uji sebelum dilakukan penyaringan dan setelah penyaringan. Berikut alur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Kerangka Pikir Penelitian.

2.9.2. Hipotesis

1. Karakteristik selulosa asetat hasil sintesis dari selulosa rumput laut *Gracilaria sp.* menunjukkan adanya gugus fungsi C-O, C=O, C-H dan O-H yang merupakan gugus penyusun selulosa asetat.
2. Selulosa asetat dibuat menjadi membran dengan metode inversi fasa dengan penambahan PEG sebagai *plasticizer* yang dapat menghasilkan perbedaan ukuran pori pada masing-masing membran.
3. Penyaringan dengan membran selulosa asetat dapat meningkatkan kualitas air laut, air sungai dan air danau

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari sampai Agustus 2022. Proses pengambilan sampel rumput laut diambil dari Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Uji Proksimat di Laboratorium Bioternak Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin, tahap isolasi hingga pengujian karakteristik air di Laboratorium Pusat Riset Biomassa dan Biomaterial BRIN Cibinong, Jawa Barat.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah baskom, gunting, oven, neraca analitik, gelas ukur, gelas kimia, *hotplate stirrer*, *magnetic stirrer*, pengaduk, termometer, corong *Buchner*, pompa vakum, labu isap, pipet tetes, penyaring 100 mesh, labu ukur, pipet skala, pipet volume, statif dan klem, buret, erlenmeyer, *petri dish*, corong, pH meter, jangka sorong digital, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), Mikroskop Digital, Salinometer, *Universal Testing Machine* (UTM),

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), Turbidimeter dan seperangkat alat-alat gelas lainnya.

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah rumput laut merah *Gracilaria sp.*, aquades, *aluminium foil*, asam nitrat (HNO_3) 3,5% (v/v), kertas saring, kertas pH universal, natrium hidroksida (NaOH) 2% (b/v), natrium sulfat (Na_2SO_4) 2% (b/v), natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, hidrogen peroksida (H_2O_2) 10% (v/v), asam asetat (CH_3COOH) glasial, asam asetat anhidrida ($(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$), aseton (CH_3COCH_3), kloroform (CHCl_3), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 75%, natrium hidroksida (NaOH) 0,5 N, asam klorida (HCl) 37 % , asam klorida (HCl) 0,5 N, asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) 0,5 N, indikator fenolftalein (PP), polietilen glikol (PEG) 600, padatan tembaga (II) sulfat (CuSO_4), padatan timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), padatan seng sulfat ($\text{Zn}(\text{SO}_4)_4$), aquabides, asam nitrat (HNO_3) pekat, sampel air laut, air sungai dan air danau.

3.3. Prosedur Kerja

Secara garis besar, penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu preparasi, isolasi selulosa dari rumput laut merah, sintesis selulosa asetat dari selulosa, pembuatan membran selulosa asetat dan pengujian kualitas air laut dengan menggunakan membran selulosa asetat.

3.3.1. Preparasi Sampel

Rumput laut merah *Gracilaria sp.* diambil di Perairan Kecamatan Sanrobone, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Rumput laut selanjutnya

dicuci dengan air mengalir hingga bersih dan tidak ada lagi tanah atau pasir yang menempel pada rumput laut. Rumput laut dipotong dengan panjang sekitar 5-10 cm. Potongan rumput laut dikeringkan dan digiling untuk dijadikan serbuk untuk dianalisis kadar air, kadar protein dan kadar karbohidratnya.

3.3.2. Isolasi Selulosa dari Rumput Laut *Gracilaria sp.* (Bachmid, 2014)

Isolasi dilakukan dalam 5 tahap yaitu hidrolisis, delignifikasi, pemisahan alfa selulosa, *bleaching*, dan pengeringan.

- a. Hidrolisis: serbuk rumput laut sebanyak 150 gram dihidrolisis dengan HNO_3 3,5% (v/v) sebanyak 1 L selanjutnya dipanaskan pada suhu 90°C selama 2 jam. Kemudian disaring dan ampas dicuci dengan aquades hingga pH filtrat netral.
- b. Delignifikasi: ampas yang telah dihidrolisis selanjutnya didelignifikasi dengan NaOH 2% (b/v) dan Na_2SO_3 2% (b/v) pada suhu 50°C selama 1 jam. Selanjutnya disaring dan ampas dicuci hingga pH filtrat netral.
- c. Pemisahan alfa selulosa: Hasil delignifikasi ditambahkan dengan NaOH 17,5% (b/v) pada suhu 80°C selama 30 menit. Selanjutnya disaring dan ampas dicuci dengan aquades hingga pH filtrat netral.
- d. *Bleaching*: alfa selulosa selanjutnya diputihkan dengan menambahkan H_2O_2 10% (v/v) yang dipanaskan pada suhu 60°C selama 15 menit.
- e. Pengeringan: selanjutnya selulosa dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga kering.

Selulosa hasil isolasi dari rumput laut *Gracilaria sp.* diidentifikasi gugus fungsinya dengan FTIR serta morfologinya dengan mikroskop digital dan SEM.

3.3.3. Sintesis Selulosa Asetat (Bachmid, 2014)

Sintesis selulosa asetat dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Aktivasi: selulosa sebanyak 15 gram dengan 150 ml larutan asam asetat glasial, diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer* pada suhu 40°C selama 60 menit.
- b. Asetilasi: selanjutnya dilakukan proses asetilasi dengan 50 mL asam asetat anhidrida, diaduk selama 30, 45 dan 60 menit pada suhu 40°C. Selanjutnya proses asetilasi dihentikan dengan menambahkan 10 mL aquadest dan asam asetat glasial 20 mL, diaduk selama 30 menit dengan suhu 40°C.
- c. Pengendapan: selanjutnya diendapkan ke dalam 500 mL aquades dan didiamkan selama 30 menit agar endapan mengendap ke dasar wadah sehingga mempercepat saat proses penyaringan. Endapan disaring dan dinetralkan dengan aquades sampai bau asam hilang.
- d. Pengeringan: selulosa asetat yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C.

Selulosa asetat hasil sintesis kemudian yang dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Uji kualitatif meliputi identifikasi gugus fungsi

dengan menggunakan FTIR, penentuan kelarutan selulosa asetat dengan pelarut air, aseton dan kloroform, uji morfologi dengan mikroskop digital dan SEM serta pada uji kuantitatif meliputi uji kadar asetil dan derajat substitusi.

3.3.4. Uji Kualitatif Selulosa dan Selulosa Asetat

a. Uji FTIR Selulosa dan Selulosa Asetat

Analisis dengan FTIR berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel selulosa dan selulosa asetat yang dianalisis. Selulosa dan selulosa asetat di tempatkan pada tempat sampel kemudian diletakkan pada alat kearah sinar infra merah. Hasilnya akan direkam ke dalam kertas berskala berupa aliran kurva bilangan gelombang terhadap intensitas. Dalam hal ini yang diidentifikasi gugus fungsi khas dari selulosa dan selulosa asetat yang di analisis.

3.3.5. Analisis Secara Kuantitatif Selulosa Asetat

a. Pembuatan Larutan HCl 0,5 N

Dibuat larutan HCl 0,5 N dari HCl 37%. Dari larutan HCl 37% dipipet sebanyak 41,46 mL ke dalam labu takar 1 L, dihipitkan dengan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

b. Pembuatan Larutan NaOH 0,5 N

Dibuat larutan NaOH 0,5 N dari padatan NaOH. Ditimbang 20 gram NaOH padatan dan dilarutkan dengan aquades dan dipindahkan ke dalam labu takar 1 L, dihipitkan dengan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

c. Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,5 N

Dibuat larutan asam oksalat 0,5 N dari padatan asam oksalat. Ditimbang 7,875 gram asam oksalat dan dilarutkan dengan aquades dan dipindahkan ke dalam labu takar 250 mL, dihindarkan dengan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

d. Standarisasi Larutan HCl 0,5 N dengan NaOH 0,5 N

Standarisasi dilakukan dengan cara mengambil HCl 0,5 N yang telah dibuat. Larutan dimasukkan ke dalam buret yang telah dibilas HCl 0,5 N. NaOH 0,5 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 5 mL dan ditambah 3 tetes indikator PP. Selanjutnya dititrasi dengan HCl 0,5 N. Titrasi dihentikan setelah terjadi perubahan warna.

e. Standarisasi Larutan NaOH 0,5 dengan Asam Oksalat 0,5 N

Standarisasi dilakukan dengan cara mengambil NaOH 0,5 N yang telah dibuat. Larutan dimasukkan ke dalam buret yang telah dibilas NaOH. Asam oksalat dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 5 mL dan ditambah 3 tetes indikator PP. Selanjutnya dititrasi dengan NaOH. Titrasi dihentikan setelah terjadi perubahan warna.

f. Penentuan Kadar Asetil (Listyanti, 2021)

Sebanyak 1 g selulosa asetat dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 40 mL etanol (75%) dan dipanaskan selama 30 menit pada suhu 50-60°C. Setelah itu ke dalam sampel ditambahkan 40 mL larutan NaOH 0,5 N dan pemanasan dilanjutkan selama 15 menit dengan suhu yang sama. Sampel kemudian didiamkan selama 48-72 jam, dan

kelebihan NaOH dititrasi dengan HCl 0,5 N (telah distandarisasi) dengan indikator PP. Sampel didiamkan selama satu hari. Selanjutnya contoh dititrasi dengan NaOH 0,5 N (telah distandarisasi) dengan indikator PP sampai terbentuk warna merah muda. Dilakukan perlakuan yang sama untuk blanko (tanpa sampel). Kadar asetil ditentukan dengan rumus:

$$\text{Kadar Asetil (\%)} = \frac{[(D - C) N_a + (A - B) N_b] \times F}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

A	= Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi sampel (mL)
B	= Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi blanko (mL)
C	= Volume HCl yang dibutuhkan untuk titrasi sampel (mL)
D	= Volume HCl yang dibutuhkan untuk titrasi blanko (mL)
Na	= Konsentrasi HCl (N)
Nb	= Konsentrasi NaOH (N)
W	= Berat sampel (g)
F	= 4,305 untuk asetil

g. Penentuan Nilai Derajat Substitusi (Listyanti, 2021)

Menghitung derajat substitusi dari selulosa asetat dapat menggunakan rumus:

$$\text{Derajat Substitusi (DS)} = \frac{162 \times 1 \times \text{kadar asetil}}{(43 \times 100) - (43 - 1) \times \text{kadar asetil}} \quad (3)$$

Keterangan:

162	= berat molekul unit anhidroglukosa
43	= adalah Mr asetil
1	= massa atom hidrogen

3.3.6. Pembuatan Membran Selulosa Asetat (Sinurat, 2021)

Proses ini diawali dengan melarutkan 10 gram selulosa asetat ke dalam 50 mL aseton 98% dan diaduk hingga selulosa asetat larut. Setelah itu, campuran selulosa asetat dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL masing-masing berisi 10 ml. Selanjutnya PEG 600 ditambahkan ke dalam masing-masing gelas kimia dengan variasi komposisi 0, 1% , 2 % dan 3 %, dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 20°C selama 24 jam. Campuran ditutup dan dihilangkan gelembungnya. Larutan yang dihasilkan dituang ke cetakan dan direndam ke dalam wadah berisi aquades (metode inversi fasa) lalu dikeringkan hingga membentuk membran.

Selanjutnya diuji karakteristik membran menggunakan SEM dan mikroskop digital untuk uji morfologi membran selulosa asetat.

3.3.7. Uji Karakteristik Membran Selulosa Asetat

a. Uji Ketebalan Membran (Akili dkk., 2012)

Ketebalan membran diukur menggunakan mikrometer digital dengan menempatkan membran diantara rahang mikrometer. Untuk setiap sampel membran, ketebalannya diukur pada tiga titik yang berbeda, kemudian dihitung rata-ratanya.

b. Uji Kuat Tarik (Husni dkk., 2018)

Penentuan kuat tarik membran diuji menggunakan *Universal Testing Machines* (UTM) dengan dimensi 2 cm x 7 cm. Masing-masing membran

dipasang diantara grip mesin. Kuat tarik membran ditentukan berdasarkan titik maksimum yang dapat ditahan oleh membran hingga terputus.

3.3.8. Uji Membran dengan Air

Sampel yang digunakan adalah sampel air laut, air sungai, dan air danau. Membran diletakkan di atas corong vakum, kemudian disediakan labu isap untuk menampung air yang akan disaring oleh membran. Setelah siap semua peralatan, diambil sampel lalu disaring di atas membran yang berada dalam corong secara perlahan-lahan, tunggu hingga air hasil saringan keluar dari corong. Filtrat yang terkumpul dilakukan uji karakteristik air laut, air sungai dan air danau.

3.3.9. Pengujian Karakteristik Air

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air laut, air sungai dan air danau. Pengujiannya meliputi beberapa parameter yaitu uji TSS, uji kekeruhan atau turbiditas, uji salinitas, uji kadar logam Cu, Pb dan Zn.

a. Uji TSS (SNI 06-6989.3:2005)

Uji TSS digunakan untuk menentukan jumlah residu tersuspensi yang terdapat dalam contoh air secara gravimetri.

Cawan porselin dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C 1 jam, dikeringkan dan didinginkan dalam eksikator selama 30 menit kemudian ditimbang kosong (W_0). Sampel air laut dihomogenkan dan dipipet 25 mL ke dalam cawan porselin dan dipanaskan sehingga tertinggal residu pada

dasar cawan. Kemudian didinginkan pada di eksikator selama 30 menit dan ditimbang sebagai W_1 . Pada suhu 105°C 1 jam, dikeringkan dan didinginkan dalam eksikator selama 30 menit kemudian ditimbang kosong (W_0). Sampel air laut dihomogenkan dan dipipet 25 mL dan disaring dengan membran. Filtrat dipanaskan sehingga tertinggal residu pada dasar cawan. Kemudian didinginkan pada di eksikator selama 30 menit dan ditimbang sebagai W_1 . Dilakukan perlakuan yang sama untuk sampel air sungai dan air danau dengan variasi membran yang ada. Untuk menghitung jumlah total padatan yang tidak terlarut menggunakan rumus:

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(W_1 - W_0)}{\text{volume sampel}} \quad (4)$$

b. Uji Kekeruhan (SNI 06-6989.25:2005)

Uji turbiditas digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan suatu air. Pengujian akan mengukur tingkat kekeruhan pada berbagai jenis sampel air sebelum dan sesudah penyaringan dengan membran seluosa asetat dengan menggunakan alat turbidimeter.

Alat turbidimeter dikalibrasi terlebih dahulu dengan mencuci dan membilas tabung turbidimeter dengan air suling. Kocok sampel dan masukkan sampel air laut ke dalam tabung pada turbidimeter dan dipasang tutupnya, biarkan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil. Mencatat nilai kekeruhan contoh yang teramati. Dilakukan perlakuan yang sama untuk sampel air sungai dan air danau dengan variasi membran yang telah dibuat.

c. Uji Salinitas (Safrida, 2020)

Dimasukkan sampel air laut ke dalam gelas piala, dihidupkan alat *conductivitymeter* dengan menekan tombol ON, lalu tekan tombol MODE sampai muncul tulisan SAL untuk pembacaan kadar salinitas. Elektroda dimasukkan ke dalam air laut dan tekan tombol READ/ENTER, tunggu sampai muncul angka yang stabil dan berbunyi. Kemudian catat angka yang muncul dilayar. Elektroda dicuci dengan akuades dan keringkan dengan tisu. Dilakukan perlakuan yang sama untuk sampel air sungai dan air danau dengan variasi membran yang dibuat.

d. Uji Kadar Logam (Dewi dkk., 2021)

Uji kandungan logam Cu, Pb dan Zn digunakan alat AAS. Pertamata-tama dibuat larutan induk Cu, Pb dan Zn masing-masing 1000 ppm. Masing-masing larutan induk diencerkan menjadi 100 ppm ke dalam labu takar 100 mL. Masing-masing larutan 100 ppm diencerkan menjadi 10 ppm ke dalam labu takar 100 mL. Lalu, dibuat larutan standar seri dari masing-masing larutan dengan konsentrasi berturut-turut: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; dan 1,2 ppm

Dipipet 10 mL dari sampel air laut sebelum dan setelah penyaringan dengan membran 1, 2 dan 3, masing-masing sampel dideskstruksi HNO_3 pekat dan diencerkan dengan aquabides hingga tanda batas. Dilakukan perlakuan yang sama untuk sampel air sungai dan air danau. Blanko,

larutan standar dan larutan sampel dianalisis secara bergantian dengan alat AAS dan dicatat absorbansi dan konsentrasi yang tertera pada layar

3.4. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan uji TSS, uji kekeruhan, uji salinitas, uji kandungan logam Cu, Pb dan Zn. yang diperoleh sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan membran selulosa asetat dengan menggunakan uji ANOVA.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Preparasi Sampel

Rumput laut *Gracilaria sp.* merupakan salah satu jenis rumput laut yang sangat melimpah di Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Preparasi rumput laut ini dipotong kecil kemudian dijemur hingga kering untuk menyamakan ukuran dan meningkatkan luas permukaan bidang penyerapan pada saat proses analisis. Selain itu, menurut Melisa dkk. (2014) semakin kecil ukuran sampel maka semakin banyak yang dapat terekstrak dan semakin tinggi kadar selulosa yang diperoleh. Sampel rumput laut (**Gambar 6a**) digiling hingga menjadi bentuk serbuk (**Gambar 6b**). Sampel yang telah menjadi serbuk dianalisis kadar karbohidratnya terlebih dahulu dan diperoleh sebesar 42,98%. Berdasarkan penelitian Rasyid dkk. (2019), bahwa hasil kadar karbohidrat yang diperoleh dalam penelitian ini masih tergolong kecil dibandingkan dengan kadar karbohidrat dalam *Gracilaria sp.* pada penelitian sebelumnya, dimana penyusun utama rumput laut ini adalah karbohidrat yaitu sebesar 63,13%. Secara lengkap, hasil analisis proksimat *Gracilaria sp.* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil uji proksimat *Gracilaria sp.*

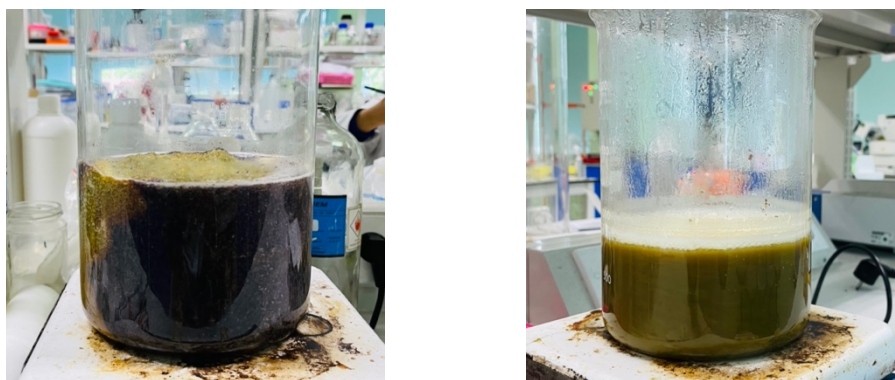
Sampel	Kadar Air	Kadar Karbohidrat	Kadar Protein
Serbuk <i>Gracilaria sp.</i>	17,01 %	42,98 %	14,29 %



Gambar 6. Rumput laut *Gracilaria sp.* (a) dan serbuk *Gracilaria sp.* (b).

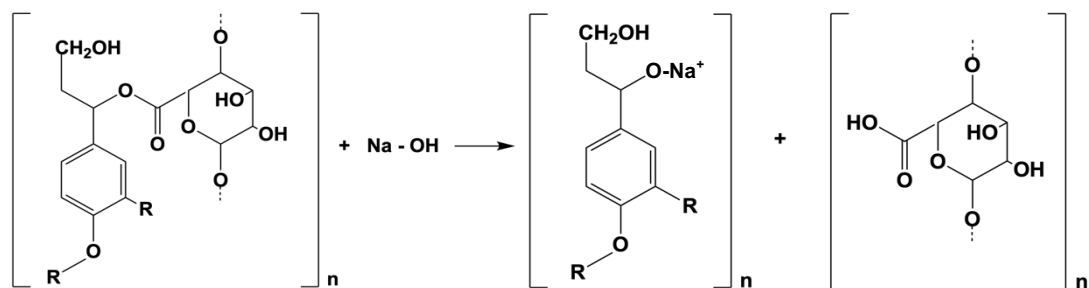
4.2. Isolasi Selulosa dan Sintesis Selulosa Asetat

Kandungan karbohidrat dalam rumput laut *Gracilaria sp.* dapat diisolasi selulosanya. Tahapan isolasi selulosa ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu; **hidrolisis** dengan HNO_3 3,5% yang bertujuan untuk memperoleh lignoselulosa (lignin dan selulosa), **delignifikasi** dengan campuran NaOH 2% dan Na_2SO_3 2% yang bertujuan untuk memisahkan lignin dari selulosa. Berdasarkan hasil delignifikasi diperoleh larutan warna hijau kehitaman, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Hidrolisis dan delignifikasi selulosa dari *Gracilaria sp.*

Berdasarkan hasil yang diperoleh, hasil delignifikasi telah sesuai dengan penelitian Safaria dkk. (2013), bahwa dalam proses ini, NaOH akan berinteraksi dan merusak ikatan antara lignin dan selulosa. Ion Na^+ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat yang bersifat polar yang mudah larut dengan air pada saat pencucian. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam yang disebut lindi hitam (*black liquor*).

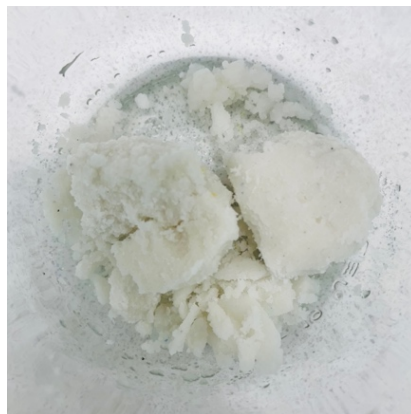


Gambar 8. Reaksi Delignifikasi dengan NaOH (Safaria dkk., 2013).

Campuran kemudian disaring untuk memisahkan selulosa dari lignin. Selulosa yang tersaring kemudian dicuci menggunakan aquades hingga pH netral. Pencucian bertujuan untuk menetralkan pH dan juga menghilangkan sisa-sisa garam fenolat yang masih menempel pada selulosa, karena garam fenolat yang bersifat polar sehingga dapat larut dalam aquades. Pengecekan pH dengan memakai filtrat hasil penyaringan dengan menggunakan pH meter hingga netral. Selulosa kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kadar airnya.

Selanjutnya selulosa direaksikan dengan NaOH 17,5%. Berdasarkan kelarutannya dalam NaOH 17,5%, selulosa dapat dibedakan

menjadi tiga jenis yaitu; alfa-selulosa yang tidak dapat larut dengan NaOH 17,5%, sedangkan selulosa jenis beta-selulosa dan gamma-selulosa dapat larut dalam NaOH 17,5% (Rivai dkk., 2018). Dengan penambahan NaOH, akan melarutkan bentuk selulosa lain seperti beta-selulosa dan gamma-selulosa, sehingga yang tersisa hanya alfa-selulosa yang berwarna putih kekuningan (Indriyati, 2016). Alfa-selulosa sering dijadikan parameter kemurnian suatu selulosa, semakin tinggi kadar alfa-selulosa maka semakin baik mutu suatu bahan (Prasetya, 2018). Terakhir, dilakukan proses **bleaching** (pemutihan) dengan H₂O₂ 10% dan dicuci dengan aquades lalu dikeringkan sehingga diperoleh selulosa berwarna putih pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hasil *bleaching* selulosa dengan H₂O₂.

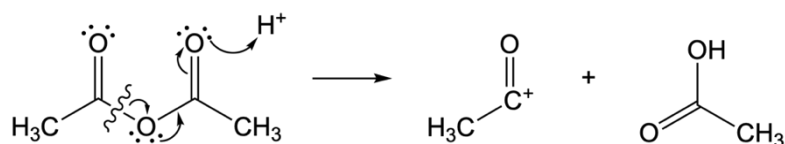
Serangkaian tahap isolasi ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat kemurnian selulosa yang tinggi. Rata-rata kandungan alfa-selulosa yang diperoleh adalah 16,05%. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar selulosa dari *Gracilaria sp.* yang diperoleh memiliki tingkat kemurnian yang lebih rendah

dibandingkan penelitian sebelumnya tentang isolasi selulosa dari *Gracilaria* sebesar 27,20% (Budi dkk., 2018).

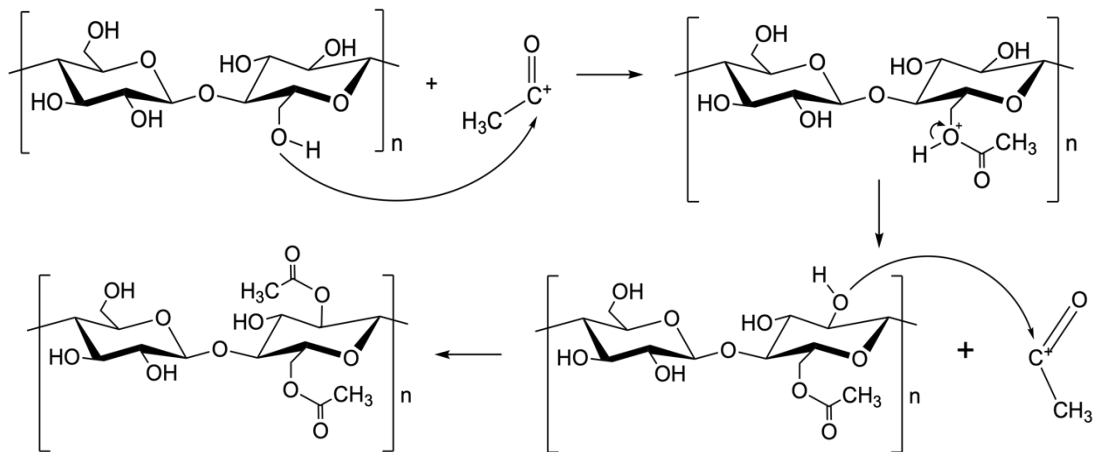
Selulosa yang telah diisolasi kemudian disintesis menjadi selulosa asetat melalui beberapa tahapan, yaitu aktivasi, asetilasi, pengendapan dan pengeringan. Proses **aktivasi** adalah tahapan pengembangan (*swelling*) yang dapat mempermudah reaksi asetilasi terjadi. Aktivator yang digunakan adalah asam asetat glasial agar dapat menyebabkan serat-serat selulosa mengembang sehingga didapatkan luas permukaan yang besar dan akan melemahkan ikatan intramolekuler hidrogen yang akan meningkatkan difusi asam asetat (Seto, 2013).

Reaksi **asetilasi** adalah tahap pergantian gugus hidroksil pada selulosa dengan gugus asetil. Proses ini menggunakan pelarut asam asetat anhidrida dengan bantuan katalis asam sulfat sehingga terbentuk selulosa asetat, dimana pada penelitian ini diperoleh perubahan warna putih menjadi larutan berwarna coklat kekuningan. Hal ini sesuai dengan penelitian Bachmid (2014), dimana perubahan warna ini disebabkan oleh perubahan oksidatif pada molekul-molekul selulosa sehingga menghasilkan larutan yang berwarna coklat. Adapun reaksinya dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Tahap protonasi :



Tahap asetilasi :

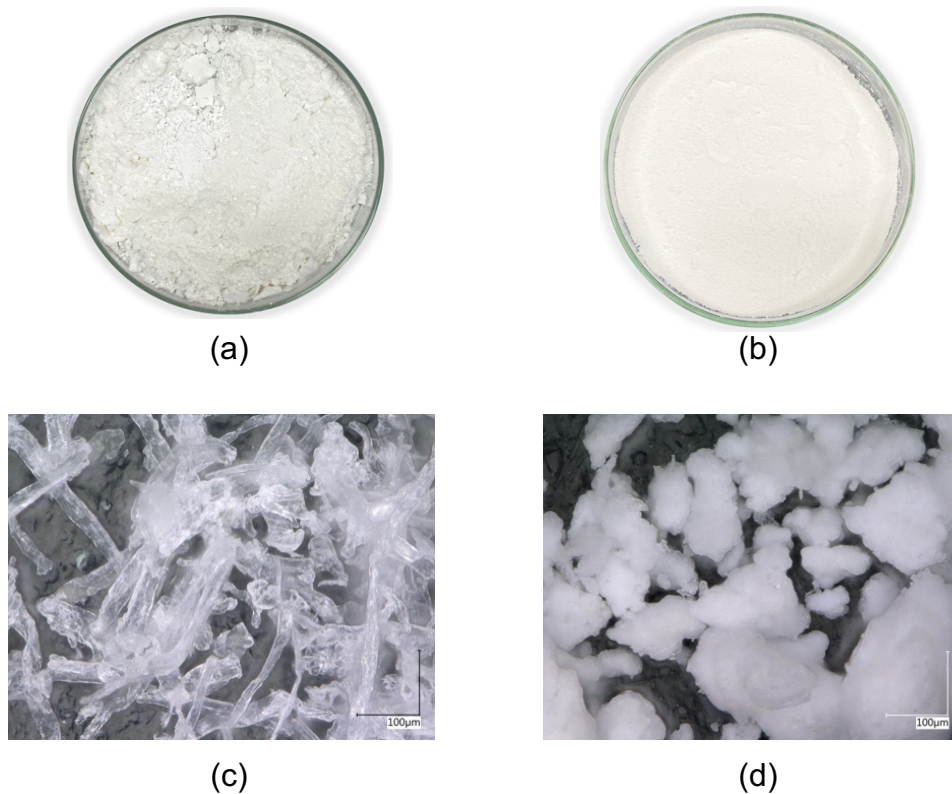


Gambar 10. Reaksi asetilasi selulosa menjadi selulosa asetat.

Setelah itu dilakukan proses **pengendapan** selulosa asetat dengan menuangkan campuran hasil asetilasi ke dalam aquades sambil diaduk dengan kuat. Hasil yang diperoleh berupa gumpalan-gumpalan selulosa asetat yang berwarna putih. Hasil yang telah diperoleh ini telah sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya berupa gumpalan-gumpalan selulosa asetat yang berwarna putih (Lindu, 2010). Gumpalan-gumpalan selulosa asetat tersebut kemudian dicuci berulang-ulang kali dengan aquades. Pencucian dengan aquades berfungsi untuk mengkoagulasi selulosa asetat dan sekaligus menghilangkan sisa-sisa asam asetat dan pengotor-pengotor lain yang dapat larut dalam air sehingga diperoleh selulosa asetat yang sangat murni.

Selanjutnya, dilakukan **pengeringan** untuk mendapatkan selulosa asetat dalam bentuk kering. Hasil isolasi selulosa dari rumput laut berupa serbuk berwarna putih dan tidak berbau (**Gambar 11a**) dan berbentuk

seperti jarum dibawah mikroskop digital (**Gambar 11c**). Sedangkan pada hasil sintesis selulosa asetat berbentuk serbuk yang lebih putih dari selulosa sebelum disintesis (**Gambar 11b**) dan berbentuk seperti kapas dibawah mikroskop digital (**Gambar 11d**).



Gambar 11. Selulosa hasil isolasi (a), selulosa hasil sintesis (b), citra selulosa hasil isolasi (c), selulosa asetat hasil sintesis (d) pada mikroskop digital pembesaran 500x

4.3. Uji Kadar Asetil, Derajat Substitusi dan Kelarutan Selulosa Asetat

Produksi selulosa asetat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu; jumlah asetat anhidrida selama asetilasi (Bachmid, 2014), suhu (Hu, 2020) dan waktu asetilasi (Dewi, 2019) yang akan mempengaruhi jumlah kadar asetil dan derajat substitusi. Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu

asetilasi 30, 45 dan 60 menit untuk mendapatkan kualitas selulosa asetat yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan utama pembuatan membran. Untuk membuat membran selulosa asetat diperlukan jenis selulosa diasetat dengan kadar asetil 36,5-42,2% dan DS 2,2-2,7 (Fengel, 1995).

Kadar asetil merupakan ukuran banyaknya gugus asetil yang mensubstitusi gugus hidroksil pada selulosa yang akan menentukan nilai derajat substitusi selulosa asetat yang telah disintesis. Prinsip analisis ini adalah reaksi saponifikasi, reaksi antara ester dan NaOH menghasilkan natrium asetat dan alkohol (Khuzaimah, 2017). Penentuan kandungan asetil dan derajat substitusi ini melalui titrasi dengan NaOH dan etanol sebagai bahan pengembang yang membantu melarutkan selulosa asetat dalam proses saponifikasi (Asparingga, 2018).

Hasil analisis data nilai rendemen, kadar asetil dan DS selulosa asetat yang diperoleh saat sintesis pada **Tabel 6** menunjukkan bahwa selulosa asetat dengan waktu asetilasi 60 menit memiliki nilai kadar asetil dan DS tertinggi dan selulosa asetat dengan waktu asetilasi 30 menit memiliki nilai kadar asetil dan DS terendah. Hal ini telah sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya dimana kandungan asetil dipengaruhi oleh waktu asetilasi, semakin lama proses asetilasi berlangsung maka semakin tinggi kadar asetilnya (Bachmid, 2014), yang menandakan gugus hidroksil pada selulosa akan semakin banyak tersubstitusi oleh gugus asetil dengan semakin lamanya proses asetilasi terjadi. Kandungan asetil juga mempengaruhi DS selulosa asetat, semakin tinggi kandungan asetil, maka

semakin besar derajat substitusinya. Derajat substitusi menunjukkan jumlah rata-rata gugus perunit anhidroglukosa yang disubstitusi oleh gugus asetil. Berdasarkan hasil sintesis selulosa asetat, jenis selulosa asetat yang dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan membran selulosa asetat adalah selulosa asetat dengan waktu asetilasi 45 menit dengan kadar asetil 40,12% dan DS 2,49 yang tergolong sebagai selulosa diasetat (Fengel, 1995).

Tabel 6. Analisis selulosa asetat hasil sintesia.

Waktu asetilasi (menit)	Rendemen (g)	Kadar Asetil (%)	DS	Selulosa
30	20,0889	26,81	1,37	Monoasetat
45	28,8924	41,46	2,63	Diasetat
60	26,7608	45.32	3,06	Triasetat

Jumlah rendemen hasil sintesis selulosa asetat diperoleh rendemen yang semakin banyak seiring dengan semakin lamanya proses asetilasi berlangsung, namun pada waktu asetilasi 60 menit rendemen selulosa asetat berkurang sehingga nilai rendemen terbesar diperoleh oleh selulosa asetat dengan waktu asetilasi 45 menit. Hal ini pun selaras dengan penelitian Yannasandy (2017), bahwa waktu asetilasi yang terlalu lama menyebabkan semakin banyak selulosa asetat yang terdegradasi sehingga menyebabkan yield menurun.

Kadar asetil dan derajat substitusi juga menentukan kelarutan dan kesesuaian pelarut. Selulosa asetat dapat dilarutkan dalam pelarut organik tergantung pada kesesuaian derajat substitusi sehingga menghasilkan

larutan yang homogen dan produk yang berkualitas sesuai kebutuhan. Data kelarutan masing-masing selulosa asetat hasil sintesis diuji dengan aquades, aseton dan kloroform yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Uji Kelarutan Selulosa Asetat

No	Waktu Asetilasi (menit)	Selulosa	Pelarut		
			Aquades	Aseton	Kloroform
1	30	Monoasetat	√	-	-
2	45	Diasetat	-	√	-
3	60	Triasetat	-	-	√

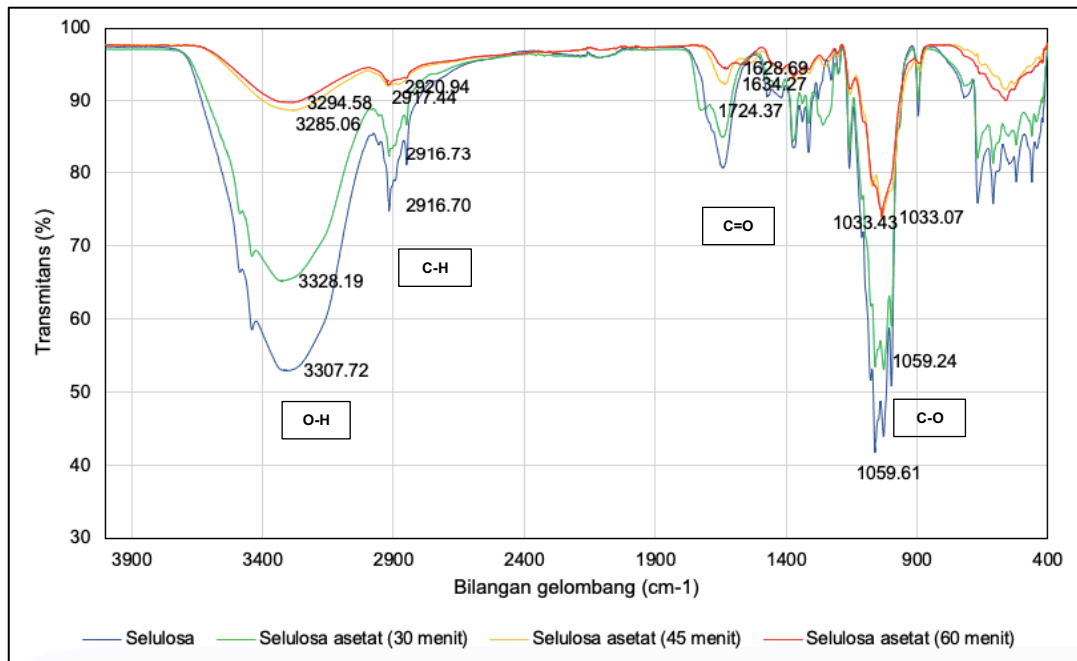
Hasil uji kelarutan semua jenis selulosa asetat yang telah disintesis, selulosa monoasetat dapat larut dalam aquades, selulosa diasetat dapat larut dalam aseton dan selulosa triasetat dapat larut dalam kloroform. Hal ini telah sesuai dengan teori bahwa untuk membuat membran selulosa asetat digunakan jenis selulosa diasetat yang dapat larut dalam pelarut aseton (Fengel, 1995).

4.4. Karakterisasi FTIR Selulosa dan Selulosa Asetat

Selulosa yang telah disintesis dari rumput laut *Gracilaria sp.* dan selulosa asetat yang telah disintesis diidentifikasi gugus fungsinya dengan FTIR untuk mengidentifikasi serapan-serapan yang khas dan gugus-gugus fungsi yang terkandung dalam sampel tersebut. Berdasarkan **Gambar 12**, hasil serapan pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} identik dengan gugus fungsi O-H, serapan pada panjang gelombang 1050-1300 cm^{-1} identik dengan gugus fungsi C-O, dan serapan pada panjang gelombang 2850-2970 cm^{-1} yang identik dengan gugus C-H. Berdasarkan nilai panjang

gelombang yang diperoleh dari hasil analisis FTIR menunjukkan kesesuaian pada penelitian Souhoka (2018), bahwa gugus-gugus utama yang tersusun pada selulosa yaitu gugus O-H, C-O dan C-H yang menunjukkan serapan yang khas.

Hasil analisis gugus fungsi pada senyawa selulosa asetat hasil sintesis pada berbagai variasi waktu asetilasi menunjukkan serapan yang hampir sama dengan selulosa, perbedaan kedua senyawa ini terletak pada nilai serapan yang gugus O-H dan munculnya gugus C=O. Berdasarkan **Gambar 12**, pada spektrum selulosa asetat gugus O-H mengalami penurunan nilai serapan karena tersubsitisi oleh gugus asetil seiring semakin lamanya waktu asetilasi berlangsung dan munculnya gugus C=O pada panjang gelombang $1620-1760\text{ cm}^{-1}$, dimana gugus C=O adalah gugus yang identik sebagai penyusun selulosa asetat. Berdasarkan nilai panjang gelombang yang diperoleh dari hasil analisis selulosa asetat yang telah disintesis menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh telah sesuai dengan penelitian Mulyatno (2017) bahwa penurunan nilai serapan pada gugus O-H terjadi karena tersubsitisi atau tergantikan oleh gugus asetil saat diasetilasi menggunakan asam asetat anhidrida seiring bertambahnya waktu asetilasi, sehingga semakin lama proses asetilasi berlangsung maka semakin banyak jumlah gugus -OH yang tersubsitisi oleh gugus asetil dan munculnya gugus C=O yang menunjukkan serapan yang khas pada senyawa selulosa asetat.

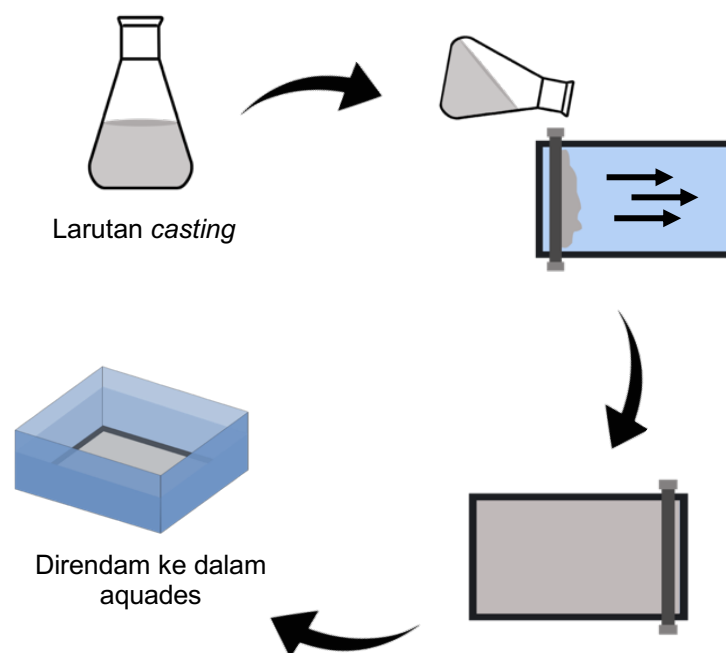


Gambar 12. Perbandingan spektrum FTIR selulosa dan selulosa asetat dengan variasi waktu asetilasi.

4.5. Pembuatan Membran Selulosa Asetat

Membran selulosa asetat dibuat dari selulosa diasetat dengan kadar asetil 41,46% dan DS 2,63 (waktu asetilasi 45 menit). Pembuatan membran dengan penambahan aseton sebagai pelarut karena selulosa diasetat dapat larut dalam aseton dan PEG sebagai *plasticizer* yang akan membuat membran menjadi lentur (Thaiyibah, 2016). Teknik yang digunakan untuk membuat membran yaitu teknik **inversi fasa** yang dapat dilihat pada **Gambar 13**. Teknik ini mengubah wujud polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali (Wenten, 2010). Campuran dijadikan larutan *casting* dengan variasi penambahan jumlah PEG 0%, 1%, 2%, dan 3% untuk melihat jenis membran yang dapat meningkatkan kualitas air dan merejeksi kandungan-kandungan logam pada air. Larutan

casting yang telah dicampur dan homogen lalu didiamkan hingga gelembung udara menghilang. Larutan polimer kemudian dituang pada plat kaca pencetak membran dan diatur ketebalan membran hingga diperoleh ketebalan yang sama. Larutan polimer pada plat kaca kemudian direndam dalam bak koagulasi berisi akuades hingga terjadi fase transisi dari kondisi cair menjadi padat lalu kemudian di keringkan.



Gambar 13. Pembuatan membran selulosa asetat (Xing, 2019).

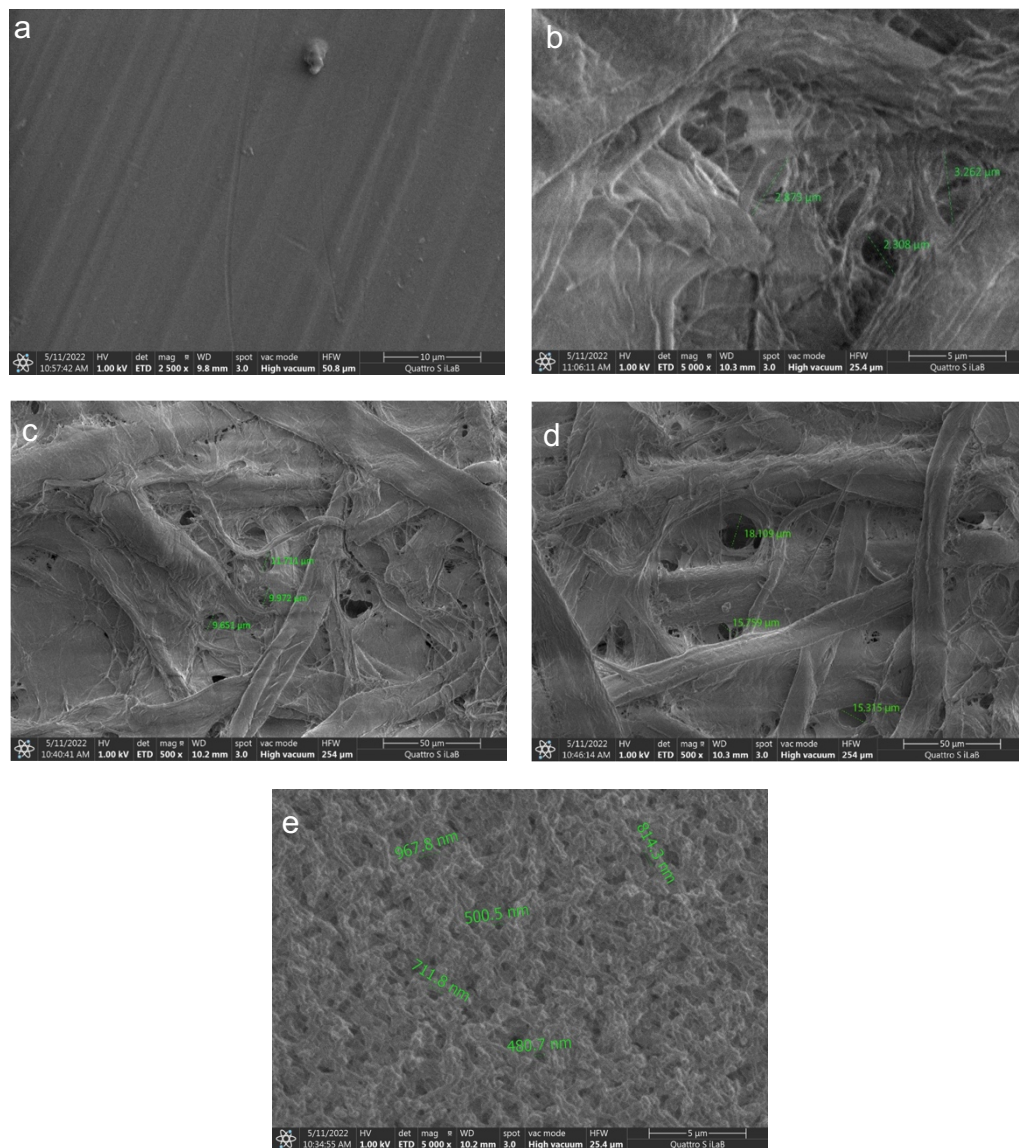
Hasil percobaan pembuatan membran ditemukan adanya perbedaan antara membran selulosa asetat-PEG dan membran selulosa asetat tanpa PEG. Membran selulosa asetat yang ditambahkan PEG menghasilkan membran putih tipis dan elastis sedangkan membran yang tidak menggunakan PEG menghasilkan membran putih tipis namun tidak elastis dan mudah rusak. Hasil yang telah diperoleh telah sesuai dengan

penelitian Vidya (2018) bahwa penambahan *plasticizer* akan mempengaruhi produksi membran yang membuat membran menjadi elastis. Kelenturan membran diakibatkan oleh masuknya zat aditif yang ke dalam serat selulosa asetat yang meningkatkan kelenturan membran (Jiao, 2012).

4.6. Uji Karakteristik Membran

Membran kemudian diuji dengan SEM untuk melihat morfologi, struktur dan ukuran pori dari semua membran yang telah dibuat. Berdasarkan hasil analisis dengan SEM menunjukkan bahwa pada membran selulosa tanpa PEG (sebagai kontrol) tidak memiliki pori-pori (**Gambar 14a**) dibandingkan dengan membran lainnya, karena tidak memiliki pori-pori sehingga membran ini tidak mampu membedakan dan memisahkan antara cairan dan komponen-komponen kecil lainnya. Oleh karena itu membran ini tidak digunakan sebagai filter. Sebaliknya, membran dengan penambahan PEG 1%, 2% dan 3% memiliki rata-rata ukuran pori masing-masing: 2,815 μm , 10,445 μm , dan 16,394 μm (**Gambar 14b, 14c dan 14d**). Membran yang telah disintesis dibandingkan ukuran porinya dengan membran selulosa asetat komersil. Hasil analisis membran komersil dengan SEM diperoleh rata-rata ukuran pori sebesar 831,3 nm (**Gambar 14e**). Hasil ini telah sesuai dengan penelitian Bai (2012) tentang pengaruh penambahan PEG sebagai *plasticizer*, PEG juga akan berperan sebagai agen pembentuk pori. Pada proses inversi fasa, terjadi pertukaran antara pelarut dalam membran dengan non-pelarut pada bak koagulasi.

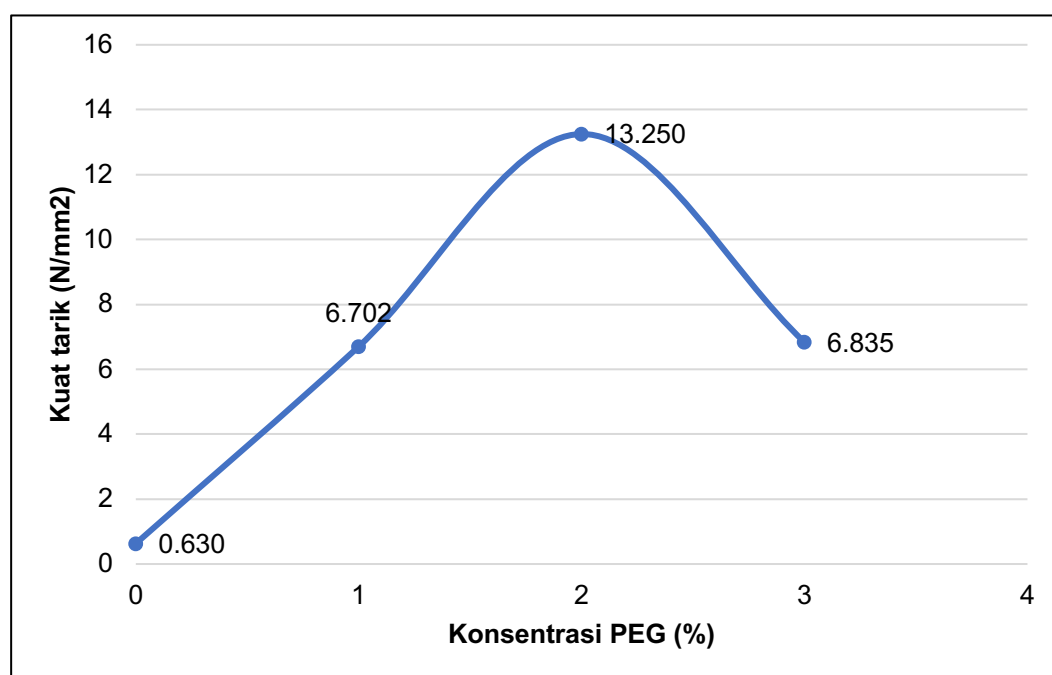
Sehingga membran dengan penambahan PEG akan menghasilkan pori dan membran tanpa penambahan PEG tidak menghasilkan pori. Berikut hasil analisis membran dengan SEM.



Gambar 14. Hasil analisis membran selulosa asetat tanpa PEG (a), 1% PEG (b), 2% PEG (c), 3% PEG (d) dan membran komersil (e) pada SEM dengan pembesaran 500.

Penambahan PEG pada larutan polimer juga akan menyebabkan perubahan sifat mekanik pada lapisan membran menjadi elastis dan tidak

mudah rusak. Untuk menguji sifat mekanik pada membran dan mengukur sifat kuat tarik membran maka dianalisis dengan menggunakan alat UTM. Masing-masing membran dipotong dengan ukuran dan dimensi yang sama dengan ukuran 2 x 7 cm. Hasil analisis kuat tarik membran dapat dilihat pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Hasil uji kuat tarik membran dengan UTM.

Hasil analisis pada **Gambar 15** menunjukkan bahwa, sifat kuat tarik membran meningkat seiring penambahan jumlah PEG pada larutan, namun membran dengan penambahan PEG 3% menyebabkan degradasi penurunan sifat kuat tarik pada membran. Membran selulosa asetat yang memiliki nilai kuat tarik paling besar adalah membran dengan penambahan PEG 2% sedangkan membran dengan nilai kuat tarik paling kecil adalah membran tanpa penambahan PEG. Hal ini sesuai dengan penelitian Bai

(2012) tentang pengaruh sifat mekanik produksi membran selulosa asetat yang dikombinasikan dengan PEG 600, penambahan PEG yang semakin banyak ditambahkan ke dalam larutan mengakibatkan nilai kuat tarik awalnya meningkat kemudian menurun. Hal ini juga didukung oleh Chou (2008), bahwa peningkatan kuat tarik membran disebabkan karena aditif yang ditambahkan memiliki gaya interaksi yang cukup kuat dengan polimer, namun nilai kuat tarik menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi PEG karena interaksi aditif yang mendominasi sehingga menyebabkan pemisahan struktur dan mengakibatkan nilai kuat tarik menurun.

4.7. Uji Karakteristik Air dengan Membran

Membran yang telah dibuat kemudian digunakan sebagai filter untuk menyaring berbagai jenis air yaitu: air laut, air sungai dan air danau dengan parameter uji TSS, salinitas, turbiditas, dan logam (Pb, Zn dan Cu). Semua jenis air dianalisis untuk melihat perbandingan dan perubahan parameter-parameter sebelum dan sesudah penyaringan.

1. Uji TSS

Analisis TSS dilakukan dua kali untuk masing-masing membran. Analisis pertama menggunakan jenis air sebelum dilakukan penyaringan dan analisis kedua menggunakan jenis air setelah dilakukan penyaringan. Hasil analisis TSS pada air laut, air sungai dan air danau dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Hasil analisis dan hasil uji statistik pada **Tabel 8**, bahwa pada hasil uji TSS pada air laut, air sungai dan air danau menunjukkan perbedaan

yang signifikan pada setiap membran ($p < 0,05$) dan semua membran dapat menurunkan nilai TSS air laut setelah dilakukan penyaringan dengan membran selulosa asetat.

Hasil penelitian ini juga diperoleh bahwa membran M_1 (1% PEG) pada masing-masing jenis air memiliki persentase perubahan setelah penyaringan yang paling besar, yang menandakan penurunan nilai TSS yang paling besar karena pada membran ini memiliki ukuran pori yang paling kecil dan rapat sehingga dapat menyaring dan memisah partikel dari sampel air laut. Hasil ini didukung oleh penelitian Aprilia (2017) bahwa pengaruh penambahan PEG dalam pembuatan membran selulosa asetat dari limbah cair pabrik kelapa sawit mengakibatkan perbedaan ukuran pori pada membran yang dihasilkan.

Tabel 8. Hasil analisis dan statistik uji TSS sampel air sebelum dan setelah penyaringan.

Membran	TSS ^a (mg/L)		Persentase penurunan (%)	Sig. (p)
	Sebelum	Setelah		
Air Laut				
M_1 (1% PEG)	68,00	30,67	54,89	0,002 ^b
M_2 (2% PEG)	98,67	57,33	41,89	
M_3 (3% PEG)	154,67	74,67	51,72	
Air Sungai				
M_1 (1% PEG)	130,67	18,87	85,56	0,001 ^b
M_2 (2% PEG)	144,40	38,67	73,22	
M_3 (3% PEG)	138,67	34,67	75,00	
Air Danau				
M_1 (1% PEG)	112,00	53,33	52,39	0,019 ^b
M_2 (2% PEG)	146,67	70,67	51,82	
M_3 (3% PEG)	158,67	82,67	47,90	

*a: rata-rata hasil pengukuran; *b: signifikansi uji T berpasangan 0,05

2. Uji Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air (Arief, 1984). Uji ini dilakukan untuk menentukan kandungan garam terlarut dalam air. Uji salinitas dilakukan dua kali untuk masing-masing membran dengan membandingkan nilai salinitas masing-masing jenis air sebelum dan setelah penyaringan. Analisis dilakukan secara triplo lalu dirata-ratakan. Hasil analisis TSS pada air laut, air sungai dan air danau dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil analisis dan statistik uji salinitas sampel air sebelum dan setelah penyaringan

Membran	Salinitas ^a (mg/L)		Persentase penurunan (%)	Sig. (p)
	Sebelum	Setelah		
Air Laut				
M ₁ (1% PEG)	20,99	16,14	23,11	0,000 ^b
M ₂ (2% PEG)	21,19	18,12	14,49	
M ₃ (3% PEG)	21,22	19,54	7,92	
Air Sungai				
M ₁ (1% PEG)	0,06	0,03	50,00	0,074 ^b
M ₂ (2% PEG)	0,06	0,05	16,67	
M ₃ (3% PEG)	0,08	0,06	25,00	
Air Danau				
M ₁ (1% PEG)	0,00	0,00	-	-
M ₂ (2% PEG)	0,00	0,00	-	
M ₃ (3% PEG)	0,00	0,00	-	

^a: rata-rata hasil pengukuran; ^b: signifikansi uji T berpasangan 0,05

Hasil analisis dan hasil statistik pada **Tabel 9** menunjukkan bahwa, hasil uji salinitas pada air laut menunjukkan perbedaan yang signifikan pada membran semua membran ($p < 0,05$) dimana dapat menurunkan nilai salinitas air laut yang signifikan. Berdasarkan hasil uji statistik juga,

membran M₁ (1% PEG) pada air laut memiliki persentase perubahan setelah penyaringan yang paling besar, yang menandakan penurunan nilai salinitas yang paling besar karena membran selulosa asetat ini memiliki ukuran pori yang paling kecil dan rapat sehingga dapat menyaring dan memisah partikel dari sampel air laut. Hal ini juga didukung oleh penelitian Ebrahim (2015) bahwa membran selulosa asetat yang disintesis dari jerami padi dapat merejeksi garam yang cukup besar. Namun hasil analisis dan statistik pada uji salinitas air sungai dan danau tidak memberikan penurunan dan perbedaan yang signifikan pada semua membran ($p > 0,05$). Penyaringan air sungai dan air danau dengan membran selulosa asetat tidak memberikan penurunan yang besar dikarenakan nilai salinitas pada air sungai (0,05-3,00 mg/L) dan air danau ($< 0,05$) yang sangat kecil sehingga membran selulosa asetat tidak mampu merejeksi kadar garam yang sangat signifikan pada air sungai dan air danau (Fatoni, 2018).

3. Uji Turbiditas

Uji turbiditas atau uji kekeruhan dilakukan untuk mengukur tingkat kekeruhan pada sampel air. Kekeruhan pada air disebabkan oleh adanya zat yang tercampur atau benda koloid di dalam air baik itu zat yang berbau organik dan anorganik misalkan seperti lumpur dan bahan hasil pembuangan lainnya (Silitri, 2015). Uji turbiditas diukur dengan alat turbidimeter, alat terlebih dahulu dikalibrasi dan sampel dimasukkan ke dalam tabung uji kemudian pasang ke dalam alat dan diukur nilai turbiditasnya. Uji ini dilakukan dua kali untuk masing-masing membran

dengan membandingkan nilai turbiditas masing-masing jenis air sebelum dan setelah penyaringan. Analisis dilakukan secara triplo lalu dirataratakan. Nilai turbiditas pada air laut, air sungai dan air danau dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Hasil analisis dan statistik uji turbiditas sampel air sebelum dan setelah penyaringan

Membran	Turbiditas ^a (NTU)		Persentase penurunan (%)	Sig. (p)
	Sebelum	Setelah		
Air Laut				
M ₁ (1% PEG)	1,74	0,61	64,94	0,000 ^b
M ₂ (2% PEG)	1,35	0,63	53,33	
M ₃ (3% PEG)	1,49	1,00	32,89	
Air Sungai				
M ₁ (1% PEG)	12,87	2,37	81,59	0.001 ^b
M ₂ (2% PEG)	12,23	2,69	78,01	
M ₃ (3% PEG)	12,77	2,98	76,66	
Air Danau				
M ₁ (1% PEG)	3,13	1,47	53,04	0.232 ^b
M ₂ (2% PEG)	3,19	2,59	18,81	
M ₃ (3% PEG)	3,33	3,24	2,70	

**a: rata-rata hasil pengukuran; *b: signifikansi uji T berpasangan 0,05*

Hasil analisis dan hasil statistik pada **Tabel 10** menunjukkan bahwa pada hasil uji turbiditas air laut dan air sungai menunjukkan hasil yang berbeda signifikan ($p < 0,05$), yang artinya dari hasil analisis uji turbiditas pada air laut dan sungai dengan membran dapat menurunkan turbiditas atau kekeruhan air laut dan air sungai setelah disaring dengan membran. Sedangkan pada uji turbiditas air danau menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$).

Hasil analisis pada **Tabel 10** menunjukkan bahwa membran M₁ (1% PEG) pada air laut, air sungai dan air danau dapat menurunkan angka turbiditas yang paling besar karena pada membran ini memiliki ukuran pori yang paling kecil dan rapat sehingga dapat menyaring dan memisah partikel dari sampel air. Hasil yang diperoleh ini telah sesuai dengan penelitian Aprilia (2017) bahwa penambahan PEG dalam pembuatan membran selulosa asetat akan mempengaruhi ukuran pori pada membran yang dihasilkan, ukuran pori yang semakin kecil dapat menyaring dan memisahkan partikel-partikel berukuran kecil dalam air sehingga diperoleh filtrat yang lebih jernih dari sebelumnya.

4. Uji Logam

Senyawa organik dan anorganik dapat ditemukan dalam berbagai jenis air. Banyak logam dan mineral yang terlarut di dalam air, terutama pada air laut seperti logam Cu, Pb, Zn, Cd dan Cr (Permanawati, 2013). Kandungan logam diukur dengan AAS. Untuk menguji kandungan logam dalam air, senyawa organik yang terkandung dalam sampel harus terlebih dahulu didekstruksi dengan HNO₃ pekat sehingga tersisa senyawa anorganik pada sampel air. Logam yang diuji pada berbagai jenis air yaitu logam Cu, Zn dan Pb. Uji ini dilakukan dua kali untuk masing-masing membran dengan membandingkan nilai kadar logam pada masing-masing jenis air sebelum dan setelah penyaringan. Analisis dilakukan secara triplo lalu dirata-ratakan oleh alat. Nilai kadar logam pada air laut, air sungai dan air danau sebelum dan setelah penyaringan dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Hasil analisis dan statistik uji kadar logam sampel air sebelum dan setelah penyaringan

Logam	Membran	Kadar logam ^a (%)		Persentase penurunan (%)	Sig. (p)
		Sebelum	Setelah		
Air Laut					
Cu	M ₁ (1% PEG)		0,0242	50,71	0,006 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,0491	0,0377	23,22	
	M ₃ (3% PEG)		0,0474	3,46	
Zn	M ₁ (1% PEG)		0,0314	40,98	0,005 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,0532	0,0426	19,92	
	M ₃ (3% PEG)		0,0515	3,19	
Pb	M ₁ (1% PEG)		0,1010	59,42	0,000 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,2489	0,1406	43,51	
	M ₃ (3% PEG)		0,1890	24,07	
Air Sungai					
Cu	M ₁ (1% PEG)		0,0257	37,62	0,006 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,0412	0,0359	12,86	
	M ₃ (3% PEG)		0,0389	5,58	
Zn	M ₁ (1% PEG)		0,0416	32,90	0,077 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,0620	0,0462	25,48	
	M ₃ (3% PEG)		0,0603	2,74	
Pb	M ₁ (1% PEG)		0,1694	39,78	0,000 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,2813	0,1716	38,99	
	M ₃ (3% PEG)		0,2333	17,06	
Air Danau					
Cu	M ₁ (1% PEG)		0,0435	17,77	0,001 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,0529	0,0454	14,18	
	M ₃ (3% PEG)		0,0511	3,40	
Zn	M ₁ (1% PEG)		0,0640	25,58	0,001 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,0860	0,0653	24,07	
	M ₃ (3% PEG)		0,0814	5,35	
Pb	M ₁ (1% PEG)		0,2094	36,41	0,000 ^b
	M ₂ (2% PEG)	0,3293	0,2335	29,09	
	M ₃ (3% PEG)		0,2493	24,29	

^a: rata-rata hasil pengukuran; ^b: signifikansi uji T berpasangan 0,05

Hasil analisis dan hasil statistik pada **Tabel 11** menunjukkan bahwa pada hasil uji kadar logam Cu, Zn dan Pb pada air laut dan air danau

menunjukkan perbedaan yang signifikan sebelum dan setelah penyaringan ($p < 0,05$), yang artinya dari hasil analisis uji kadar logam pada air laut dan sungai dengan membran dapat menurunkan kandungan logam pada air laut dan air sungai setelah disaring dengan membran. Sedangkan pada uji kadar logam Cu dan Pb pada air sungai menunjukkan perbedaan yang signifikan sebelum dan sesudah penyaringan ($p < 0,05$), namun pada uji kadar logam Zn menunjukkan perbedaan hasil yang tidak berbeda signifikan sebelum dan setelah penyaringan ($p > 0,05$).

Hasil analisis pada **Tabel 11** juga menunjukkan bahwa membran M₁ (1% PEG) pada air laut, air sungai dan air danau dapat menurunkan kandungan logam yang paling besar karena pada membran ini memiliki dimensi porositas yang paling kecil dan rapat sehingga dapat memisah logam-logam yang terkandung dalam sampel. Hasil yang diperoleh ini telah sesuai dengan penelitian Aprilia (2017) bahwa pengaruh PEG dalam pembuatan membran selulosa asetat akan mempengaruhi ukuran pori pada membran yang dihasilkan, ukuran pori yang semakin kecil dapat menyaring dan memisahkan partikel-partikel berukuran kecil dalam air sehingga logam berukuran kecil dapat tertahan pada membran.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengamatan dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakterisasi selulosa asetat dengan waktu asetilasi selama 45 menit dengan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C-H, C=O, C-O, dan O-H sebagai gugus identik dengan bilangan gelombang masing-masing yang terukur pada 1033,07; 1634,27; 2920,94; dan 3285,06 cm^{-1} .
2. Pembuatan membran selulosa asetat dengan variasi penambahan 1%, 2% dan 3% PEG sebagai *plasticizer* menghasilkan perbedaan ukuran pori pada masing-masing membran, penambahan PEG akan memperbesar ukuran pori pada membran dengan diameter pori masing-masing 2,815; 10,445; dan 16,394 μm .
3. Membran selulosa asetat dari rumput laut *Gracilaria sp.* yang digunakan sebagai filter dapat menurunkan jumlah TSS, logam Cu, dan Pb pada air laut, laut sungai dan air danau; logam Zn pada air laut dan danau; salinitas pada air laut; serta turbiditas pada air laut dan air sungai dengan signifikan.

B. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dikemukakan saran-saran sebagai berikut:

1. Pembuatan membran selulosa asetat diperlukan alat khusus pembuat membran agar didapatkan membran dengan permukaan dan ketebalan yang sama
2. Perlunya dilakukan uji karakteristik yang lebih untuk menguji kualitas membran yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustang, Mulyani, S. dan Indrawati, E., 2021. *Budidaya Rumput Laut Potensi Perairan Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan*. Gowa: Pusaka Almada.
- Akili, Sudirman, M., dan Suyatma, N. E., 2012. Karakteristik Edible Film dari Pektin Hasil ekstraksi Kulit Pisang. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 26(1).
- Al-Kharabsheh, S. and Goswami, Y., 2003, Analysis of an Inovative Water Desalination System Using Low-Grade Solar Heat, Solar Energy and Conversion Laboratory. *Desalination*. 156(3).
- Almeida, Ferreira C. L., Falcao, H. S., Lima, G., Montenegro, C., Lira N., Athayde-Filho P.F., Rodrigues L., Souza M., Maria J. and Batista L., 2011. *Bioactivities from Marine Algae of the Genus Gracilaria*. *International Journal of Molecular Science*. 12: 4550-4573.
- Andahera, C., Sholikhah, I., Islamiati, D.A. dan Pusifitarsi, D.M., 2019. Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. 2(2).
- Andini, V.M., Anjasmara, I.M. dan Witasari, Y., 2015. Studi Persebaran Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Aqua Modis di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal GEOID Surabaya*. 10(2).
- Anggadiredja, J., Zatrika, A. dan Purwoto, H., 2006. *Rumput Laut Cetakan I*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Anindyawati, T., 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioethanol*. *Jurnal Selulosa*. Jakarta : LIPI.
- Apriani, R., Rohman, T. dan Mustikasari, K., 2017. Sintesis dan Karakteristik Selulosa Asetat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal FMIPA Kimia*. 9(2).
- Aprilia, N., Fauzi, Azmi, Najwan and Amin, A., 2017. Performance of Cellulose Acetate Membrane with Defferent Additives for Palm Oil Mill Effluent (POME) Liquid Waste Treatment. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 334(1).

- Arief, D., 1984. Pengukuran Salinitas Air Laut dan Peranannya dalam Ilmu Kelautan. *Jurnal Oseana*, 9(1).
- Asparingga, H., Syahbanu, I., dan Alimuddin, A.H., 2018. Pengaruh Volume Anhidrida Asetat pada Sintesis Selulosa Asetat dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera L.*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 7(3).
- Aztiani, D., 2010. Analisis Timbal, Kadmium dan Tembaga dalam Hati Ayam Kampung dan Broiler secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi*. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Bachmid, N.A., 2014. *Sintesis Selulosa Asetat Dari Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. SNI 06-6989.3:2005. Cara Uji Kadar Padatan Total Secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. SNI 06-6989.25:2005. Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Bai, H., Zhou, Y., Wang, X. and Zhang L., 2012. The Permeability and Mechanical Properties of Cellulose Acetate Membranes Blended with Polyethylene Glycol 600 for Treatment of Municipal Sewage. *Procedia Environmental Sciences*, 16.
- Budi, S.R., Febrishaummy, I., Febriyani, Y.Y. and Rahmaniar, M., 2018. Cellulose Isolation from *Gracilaria Genus* and its Potential as Bioethanol Raw Material. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 22(2).
- Chen, H., 2014. *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*. New York: Springer.
- Chou, W., Wang, C. and Chen, C., 2008. Characteristics of Polyimide-Based Nanocomposites Containing Plasma-Modified Multi-Walled Carbon Nanotubes. *Composites Science and Technology*. 68(10).
- Day, R.A dan Underwood, A.L., 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga
- Deswati, H.S. dan Pardi H., 2011. *Penentuan Timbal dan Tembaga dalam Air Laut Secara Simultan dengan Voltametri Stripping Adsorptif*

(Adsv). *Karya Ilmiah*. Sumatera Barat: Jurusan Kimia Universitas Andalas dan Alumni Jurusan Kimia Universitas Andalas.

- Dewi, A.M.P., Pranoto, Y., Edowai D.N., and Eduard F., Tethool. 2019. Effect of Acetylation Method on Characterization of Cellulose Acetate based on Sago "hampas". *Int. J. Adv. Biotechnol. and Res.* 10(1).
- Dewi, L., Hadisoebroto, G. dan Anwar K., 2021. Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Sumber Air di Kawasan Gunung Salak Kabupaten Sukabumi dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sabdariffarma.* 3(2).
- Dewi, R., 2012. Potensi Sumber Daya Rumput Laut. *Jurnal Harpodon Borneo.* 5(2).
- Dyer, C., Jiang, Z., Bozell, J., Rials, T., Heller, W.T. and Dadmun, M., 2013. Effect of Chain Structure on the Miscibility of Cellulose Acetate Blends: A Small-Angle Neutron Scattering Study. *Soft Matter.* 9(12).
- Dzikro, M., Darni, Y., Lismeri, L. dan Hanif M., 2013. *Cellulose Acetate Membrane Synthesis of Residual Seaweed Eucheuma Spinosum. Karya Ilmiah*. Seminar Sains dan Teknologi V, Lembaga Penelitian Universitas. Lampung Teknik Kimia Universitas Lampung.
- Ebrahim, S., Mosry, A., Kanawy, E., Fattah, T.A. and Kandil, S., 2015. Reverse Osmosis Membranes for Water Desalination Based on Cellulose Acetate Extracted from Egyptian Rice Straw. *Desalination and Water Treatment.* 57(1)
- Effendi, M.S., Hendrawan, A., dan Rahman N., 2018. *Basin Solar Still* dengan Tutup Kaca Berpendingin untuk Meningkatkan Efisiensi. *Jurnal Poros Teknik.* 10(2).
- Fatoni, M., Muryani, C. dan Nugraha S., 2018. Studi Agihan Salinitas Air Tanah Dangkal di Kecamatan Puring Kabupaten Kebumen Tahun 2016. *Jurnal GeoEco.* 4(1)
- Fatriasari, W., Masruchin N. dan Hermiati E., 2019. *Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya*. Jakarta: LIPI Press.

- Fatimah, A., Harmadi dan Wildian., 2014. Perancang Alat Ukur TSS (*Total Suspended Solid*) Air Menggunakan Sensor Serat Optik Secara Real Time. *Jurnal Pascasarjana FMIPA Universitas Andalas*, 6(2).
- Febriany, Y., 2010. *Karakterisasi Kuat Tekan Keramik Berbahan Dasar Feldsfer (70%-90%), Kaolin (5%-25%), dan Silika (5%-25%) dalam Segitiga Segger*. Malang: Universitas Malang.
- Fengel, D. dan Wegener, G., 1995. *Kimia Kayu Ultrastruktur Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1992. *Kimia Organik Edisi 3 Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Fitriyano, G. dan Abdullah S., 2016. Sintesis Selulosa Asetat Dari Dari Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Diaplikasikan Sebagai Masker Asap Rokok. *Jurnal UMJ*. Universitas Muhammadiyah. Jakarta.
- Francavilla, M., Pineda, A., Lin, C.S.K., Franchi, M., Trotta, P., Romero, A.A. dan Luque R.. 2013. *Natural Porous Agar Materials from Macroalgae*. *Carbohydr. Polym.* 92:1555–1560.
- Harahap, M., 2012. *Pembuatan Selulosa Asetat Dari α -Selulosa yang Diisolasi dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Skripsi. Medan : Universitas Sumatera Utara. FMIPA.
- Hasanah, H., 2007. *Nori Imitasi dari Tepung Agar Hasil Ekstraksi Rumput Laut Merah Jenis *Gelidium sp.* Bogor*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Hu, Z., Sun, J., Jin, L., Zong, T., Duan, Y., Zhou, H., Zhou, W. and Li G., 2022. Acetylation Modification Characterization, and Anticomplementary Activity of Polysaccharides from *Rhododendron dauricum* Leaves. *Polymers*. 14(15).
- Husni, D.A.P., Erwin A.R. dan Ruslan. 2018. Pembuatan Membran Selulosa Asetat dari Selulosa Pelelah Pohon Pisang. *Jurnal Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Tadulako*. 4(1).
- Indriyani, V., Novianty, Y., dan Mirwan, A., 2017. Pembuatan Membran Ultrafiltrasi dari Polimer Selulosa Asetat dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Konversi*. 6(1).

- Indriyati, W., Kusumawati, R., Sriwidodo, Hasanah, A.N. dan Musfiroh, I., 2016. Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) yang Tumbuh di Daerah Jatinangor dan Lembang. *IJPST*. 3(3). 99-110.
- Jiao, K., Graham, C.L., Wolff, J., Iyer, R.G. and Kohli, P., 2012. Modulating Molecular and Nanoparticle Transport in Flexible Polydimethylsiloxane Membranes. *Journal of Membrane Science*, 401.
- Karlsson, H., 2006. *Fibre Guide: Fibre Analysis and Process Applications in the Pulp and Paper Industry*. Swedia: AB Lorentzen & Wettre.
- Khuzaimah, S., 2017. Pemanfaatan Minyak Jelantah dari Ekstrak Kulit Citrus *reticulata* sebagai Bahan Pembuatan Sabun. *Jurnal Teknologi Industri*. 2(2).
- Kiliñ, B., Turan, S.C.G., Tekogul, H. and Edis Koru. 2013. *Seaweeds for food and industrial applications. Food Industry. In: Muzzalupo I (ed). In1Tech*.
- Klemm, D., Heublein, B., Fink, H.P. and Bohn, A., 2005. Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material. *Angewandte Chemie International Edition*. 44(22).
- Komarawidjaja, W. dan Kurniawan, D.A., 2008. Tingkat Filtrasi Rumput Laut (*Gracilaria sp.*) Terhadap Kandungan Ortofosfat (P_2O_5). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(2), 180-183.
- Kordi, G., 2011. *Kiat Sukses Budidaya Rumput Laut di Laut dan Tambak*. Jogjakarta: Penerbit Andi.
- Lindu, M., Puspitasari, T., dan Ismi, E., 2010. Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari *Nata De Coco* Sebagai Bahan Baku Membran Ultrafiltrasi.
- Listyanti, A.D., 2021. *Sintesis Selulosa Asetat dari Tongkol Jagung dengan Variasi Volume Anhidrida Asetat Sebagai Materia Membran*. Skripsi. Universitas Negeri Jember.
- Lutfa, J., 2013. *Pemanfaatan Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Sebagai Produk Bakto Agar dan Aplikasinya dalam Media Pertumbuhan Mikroorganisme*. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

- Melisa, S.B. dan Nurhaeni., 2014. Optimasi Sintesis Karboksimetil Selulosa dari Tongkol Jagung Manis (*Zea Mays L Saccharata*). *Online Journal of Natural Science*. 3(2)
- Mooduto, M.S., 2016. *Perkuatan Tower PLN Akibat Gerusan Air*. Laporan Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Manado.
- Morais, S., Costa, F.G. and Pereira, M.L., 2012. Heavy Metals and Human Health. *Enviromental Health – Emerging Issues and Practice*. 2(3).
- Mulyaningrum, S.R.H., Daud, R. dan Badraeni., 2014. Propagasi Vegetati Rumput Laut (*Gracilaria sp.*) melalui Kultur Jaringan. *Jurnal Riset Akuakultur*. 9(2).
- Mulyatno, H.A., Pratama, O.I. and Inayati., 2017. Synthesis of Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Banana Tree Stem: Influence of Ratio of Cellulose with Sodium Chloroacetate to Properties of Carboxymethyl Cellulose. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*. 1(2).
- Noor, I., 2010. *Isolasi dan Karakterisasi β -Glukan dari Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan Metode Spektroskopi UV-Visibel dan FTIR*. Skripsi. Jakarta: Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Negeri Syarif Hidayatullah.
- Novianti, H.Y., 2013 *Pengaruh Variasi. Zat Aditif Monosodium Glutamate (MSG) Terhadap Karakter Membrane Celulose Acetate (CA)*. Skripsi. Jember: Universitas Jember. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Nurhayati dan Kusumawati, R., 2014. Sintesis selulosa asetat dari limbah pengolahan agar. *JPB Perikanan*. 9(2).
- Nuzula, N.I. dan Endarko. 2013. Perancangan Pembuatan Alat Ukur Kekeruhan Air Berbasis Mkrokotroler ATMega 8535. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, (2)1.
- Omar, A.F. and Jafri, M.Z., 2009. *Turbidimeter Design and Analysis: A Review on Optical Fiber Sensors for the Measurement of Water Turbidity*. *Journal Sensors*. 9(10).
- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J. and Hernandez, J.L., 2006. *Dietary Fiber, Amino Acid, Fatty Acid and Tocopherol Contents of*

the Edible Seaweeds Ulva lactuca and Durvillaea antarctica. J. Food Chem. 99: 98–104.

- Permanawati, Y., Zuraida, R. dan Ibrahim, A., 2013. Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd dan Cr) dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan.* 11(1).
- Potthast, A., Rosenau, T. and Kosma, P., 2006. *Analysis of Oxidized Functionaties in Cellulose. Polym Sci.* 205: 1-6.
- Prasetya, I.G.N.J.A.P. dan Arisanti, C.I.S., 2018. Evaluasi Kandungan Selulosa Mikrokristal dari Jerami Padi (*Oryza sativa L.*) Varietas IR64. *Jurnal Kimia.* 12(2).
- Prasiddha. I.J., Laeliocattleya, R.A, Estiasih, T. dan Maigan, J.M., 2016. Potensi Senyawa Bioaktif Rambut Jagung (*Zea mays L*) untuk Tabir Alami. *Jurnal Pangan dan Agroindustri.* 4(1): 40-45.
- Princestasari, L.D. dan Amalia, L., 2015. Formulasi Rumput Laut *Gracilaria sp.* dalam Pembuatan Bakso Daging Sapi Tinggi Serat dan Iodium. *Jurnal Gizi dan Pangan,* 10(3), 185-196.
- Puspita, G.A., 2019. *Optimasi Formulasi Membran Mixed Matrix Selulosa Asetat dengan Pengisi Serbuk Biji Moringa Oleifera Menggunakan Metode Taguchi Orthogonal Array L9.* Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya. Fakultas Teknologi Pertanian.
- Putra, A.E., Ahmad, A., Ermawar, R.A., Sondari, D., Soekamti, N.H., Maming dan Natsir, H., 2023. Synthesis of Cellulose Acetate from Seaweed *Gracilaria sp.* as Membrane Material.
- Rasyid, A., Ardiansyah A. dan Pangestuti R., 2019. Nutrient Composition of Dried Seaweed *Gracilaria gracilis*. *Indonesian Journal of Marine Sciences.* 24(1).
- Raya, A.S., Hidayatno, A. dan Zahra, A.A., 2013. Modifikasi Mikroskop dengan Perbesaran Digital Menggunakan Sistem Kamera. *Transient.* 2(3).
- Rivai, H., Hamdani, A.S., Ramdani, Lalfari, R.S, Andayani R., Armin, F. and Djamaan, A., 2018. Production and Characterization of Alpha Cellulose Derived from Rice Straw (*Oryza sativa L.*). *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 52(1).

- Rohman, A.N., 2020. *Preparasi Koagulan Berbasis Selulosa Kulit Durian Dan Glutaraldehida Untuk Proses Pemulihan Limbah Cair Tepung Pati Aren*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Rowe, R.C., Paul J.S. and Quinn, M.E., 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients Edisi keenam*. Pharmaceutical Press.
- Safaria, S., Idiawati, N. dan Zaharah, T.A., 2013. Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam Menghidrolisi Substrat Sabut Kelapa. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 2(1): 46-51.
- Safrida. 2020. *Pembuatan Membran dari Selulosa Asetat Rumput Laut Gracilaria Vermiculophylla*. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry. Banda Aceh
- Sahu, N. and Sahoo, D., 2013. Study of Morphology and Agar Contents in Some Important Gracilaria Species of Indian Coasts. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 52–59.
- Saleh, A., Pakpahan, M.M.D. dan Angelina, N., 2009. Pengaruh Konsentrasi Pelarut, Temperatur dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*. 16(3).
- Sankari, G., Kriahnamoorthy, E., Jayakumaran, S., Gunaeakaran, S., Priya, V.V., Subramanlam, S. and Mohan, S.K., 2010. Analysis of Serum Immunoglobulins Using Fourier Transform Infrared Spectral Measurements. *Biology and Medicine*. 2(3).
- Rahmatullah, S., Sari, E.O., Putri, R.W., Waluyo, U. dan Andrianto, T., 2020. Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Selulosa pada Proses Delignifikasi dari Serat Kapuk Sebagai Bahan Baku *Biodegradable Plastic* Berbasis Selulosa Asetat. *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*.
- Serajuddin., M., Chowdhury, A.I and Haque, M.M., 2019. Using Turbidity to Determine Total Suspended Solids in an Urban Stream: A Case Study. *Proc. 2nd International Conference on Water and Environmental Engineering (iCWEE2019)*.
- Setiasih, S., 2009. *Pengaruh Aditif pada Karakteristik Membran Selulosa Asetat*. Institut Teknologi Bandung.
- Seto, A.S. dan Sari, A.M.S., 2013. Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata De Soya. *Jurnal Konversi*. 2(2).

- Sharma E., 2020. *Design and Optimization of Ultrafiltration Membrane Setup for Wastewater Treatment and Resue*. Thesis. Sweden: Departement of Sustainable Development, Environmental Science and Technology (SEED).
- Siltri, D.M., Yohandri dan Kamus, Z., 2015. Pembuatan Alat Ukur Salinitas dan Kekeruhan Air Menggunakan Sensor Elektroda dan LDR. *Jurnal Saintek*. VII(2).
- Sinurat, F.E., 2021. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dari Bahan Kulit Durian (*Durio zibethinus*) dengan Penambahan Polietilen Glikol (PEG). Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Sjostrom, E., 1993. *Wood Chemistry*. Academic Press: Second Edition.
- Somala, W., 2002. *Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Mutu Rumput Laut (Eucheuma cottonii) Bagian 2 Metode long-line*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Souhoka, F.A. and Latupeirissa, J. 2018. Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate (CA). *Indonesian Journal of Chemical Research*. 5(2).
- Stefelova, J., Slovak, V., Siqueira, G., Oisson, R.T., Tingaut, P., Zimmermann, T. and Sehaqu, H., 2017. Drying and Pyrolysis of Cellulose Nanofibers from Wood Bacteria and Algae for Char Application in Oil Absorption and Dye Adsorption. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 5(3).
- Suhendi, S.P. dan Susetyaningsih, A., 2019. Analisis Pengaruh Adanya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Terhadap Kebutuhan Irigasi Jatiwangi Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*. 17(2).
- Sumada, K., Tamara, P.E. dan Alqani, F., 2011. Kajian Proses Isolasi α -Selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Manihot Esculenta Crantz* yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(2).
- Suryani, A.S, 2020. Pembangunan Air Bersih dan Sanitasi saat Pandemi Covid-19. *Jurnal Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*. 11(2)
- Susanti. 2003. *Pengaruh Nisbah Selulosa Asetat Anhidrid dan Waktu Asetilasi terhadap Karakteristik Selulosa Asetat pada Proses Produksi Membran Selulosa Asetat*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Thaib, C.M., Gultom, E. dan Aritonang, B., 2020. Pembuatan Kertas Dari Limbah Kulit Durian Dan Ampas Tebu Dengan Perbedaan Konsentrasi NaOH. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*. 4(1).
- Thaiyibah, N., Alimuddin dan Panggabean, A.S., 2016. Pembuatan dan Karakteristik Membran Selulosa Asetat-PVC dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) untuk Adsorpsi Logam Tembaga (II). *Jurnal FMIPA Kimia*. 14(1).
- Uddin, J., 2012. *Macro to Nano Spectroscopy*. Croatia: Intech.
- Vidya, V., Nagendran, A. and Raju, D.M., 2008. Effect of Additive Concentration on Cellulose Acetate Blend Membranes-Preparation, Characterization and Application Studies. *Separ. Sci. Technol.* 43(8).
- Wahyusi, K.N., Siswanto dan Utami, L.I., 2017. Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat dari Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*. 12(1).
- Wenten, I.G., Khoiruddin, Aryanti, dan Hakim, A.N., 2010. *Pengantar Teknologi Membran*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- West, A.R., 1999. *Basic Solid State Chemistry Second Edition*. New York: Willey.
- Wibowo, A.I., Harjanto, G.D., dan Kusworo, T.D., 2012. Pembuatan Asimetrik Membran Selulosa Asetat Untuk Pengolahan Air: Pengaruh Konsentrasi Zat Aditif Terhadap Kinerja Membran. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*. Vol. 1(1).
- Wicaksono, D., Isnanto, R., dan Nurhayati, O.D., 2009. *Perancangan Perangkat Lunak untuk Analisis Tingkat Fokus pada Citra Mikroskop Digital menggunakan Proses Ekstraksi Ciri*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang: Fakultas Teknik Sistem Komputer Universitas Diponegoro.
- Xing, X.Y., Gu, L. Jin, Y., Sun, R., Xie, M. and Wu, Q., 2019. Fabrication and Characterization of Cellulose Triacetate Porous Membranes by Combined Nonsolvent-Thermally Induced Phase Separation. *Cellulose*. 26(1).
- Yannasandy, D., Habibah, U. dan Fitriyanto, G., 2017. Pengaruh Waktu Delignifikasi Terhadap Pembentukan Alfa Selulosa dan

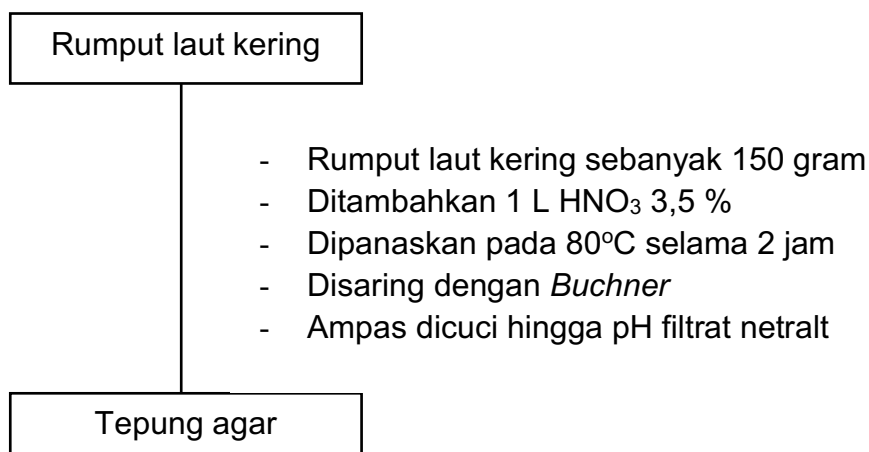
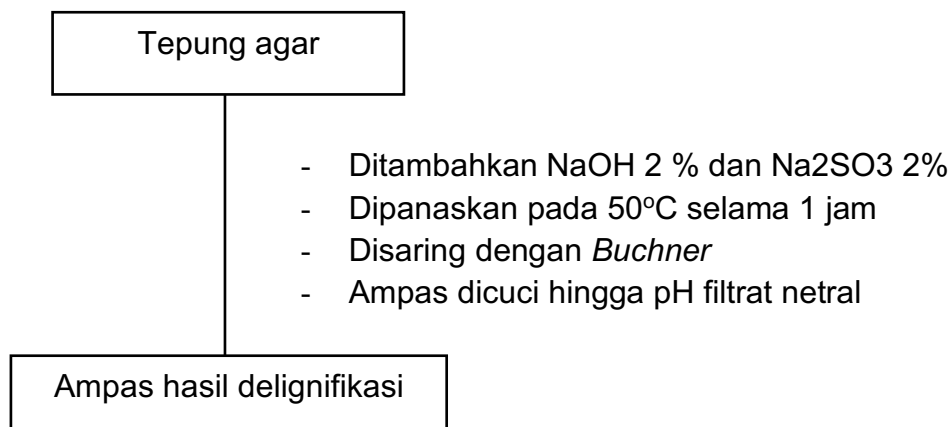
Identifikasi Selulosa Asetat Hasil Asetilasi dari Limbah Kulit Pisang Kepok. Seminar Nasional Sains dan Teknologi.

Yulandri. 2020. *Sintesis Selulosa Asetat dari Agar Rumput Laut Merah Gracilaria Vermiculophylla*. Skripsi. Banda Aceh: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.

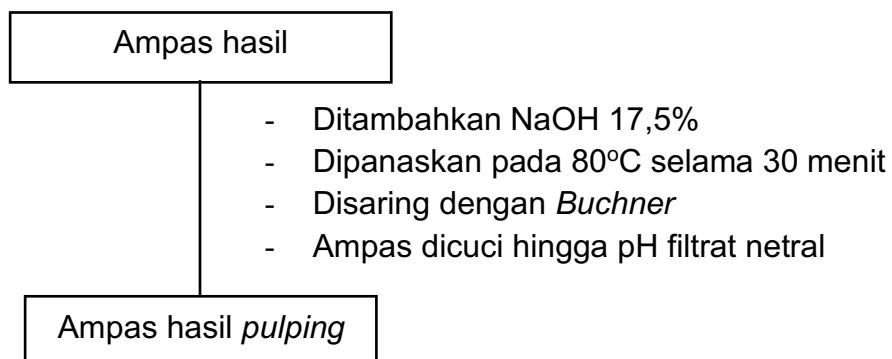
Zamri, A., 2017. *Desain Alat Pendeteksi Kekerusuhan Air Menggunakan Sensor Optocoupler untuk menganalisis Kualitas Air Minum di Bak Sedimentasi pada instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM "WAY RILAU" Kota Bandar Lampung*. Skripsi. Lampung : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Zugenmainer, P., 2008. *Crystalline Cellulose and Derivatives*. Heidelberg: Springer-Verlag.

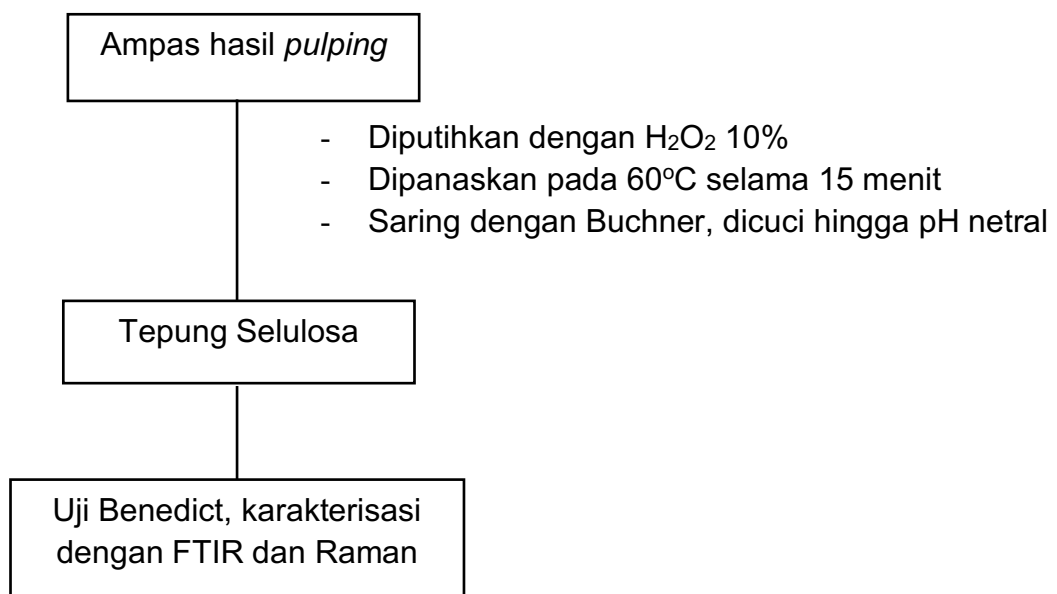
Lampiran 1	Bagan Kerja Penelitian
-------------------	-------------------------------

A. Ekstraksi Rumput Laut Merah *Gracilaria sp.***1. Preparasi****2. Hidrolisis****3. Delignifikasi**

4. *Pulping*

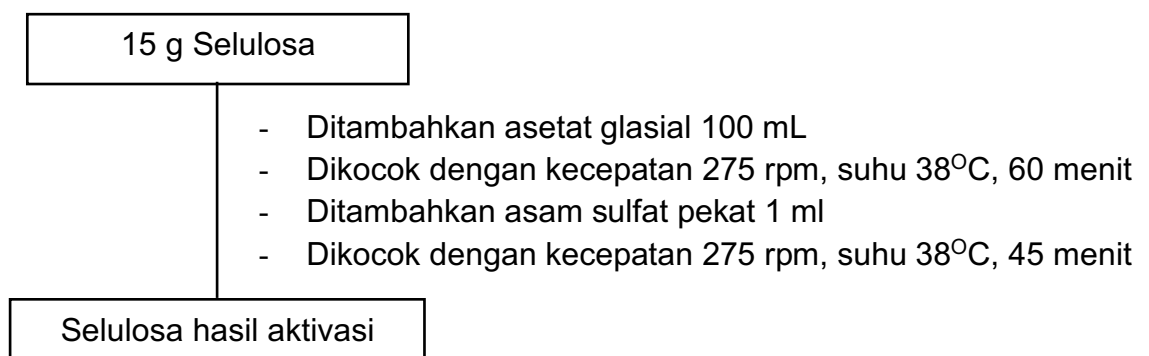


5. *Bleaching*

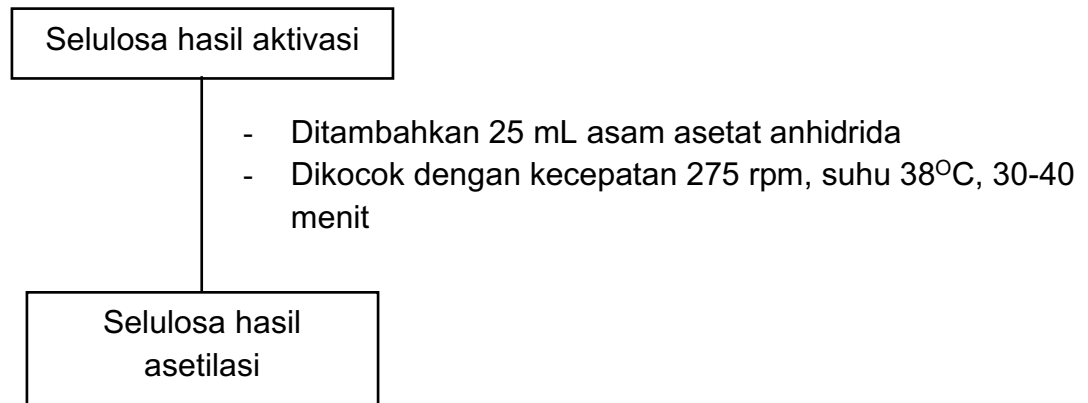


B. Sintesis Selulosa Asetat

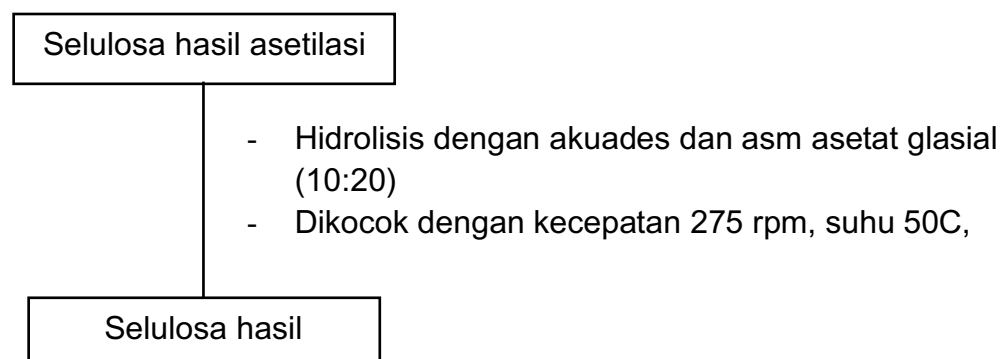
1. Aktivasi



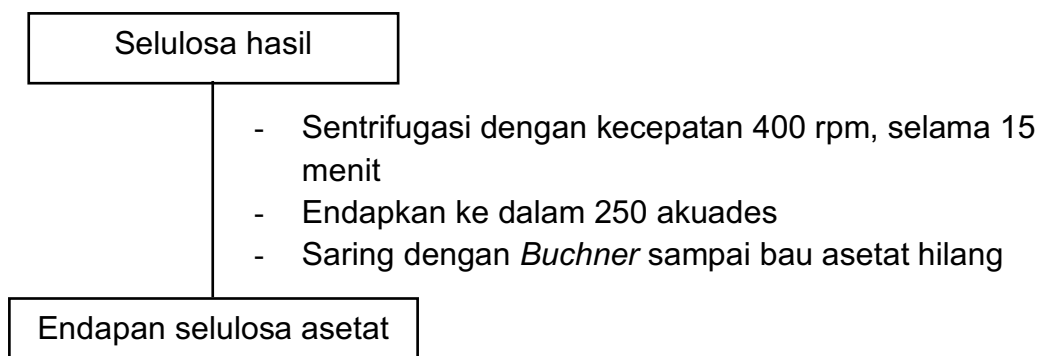
2. Asetilasi



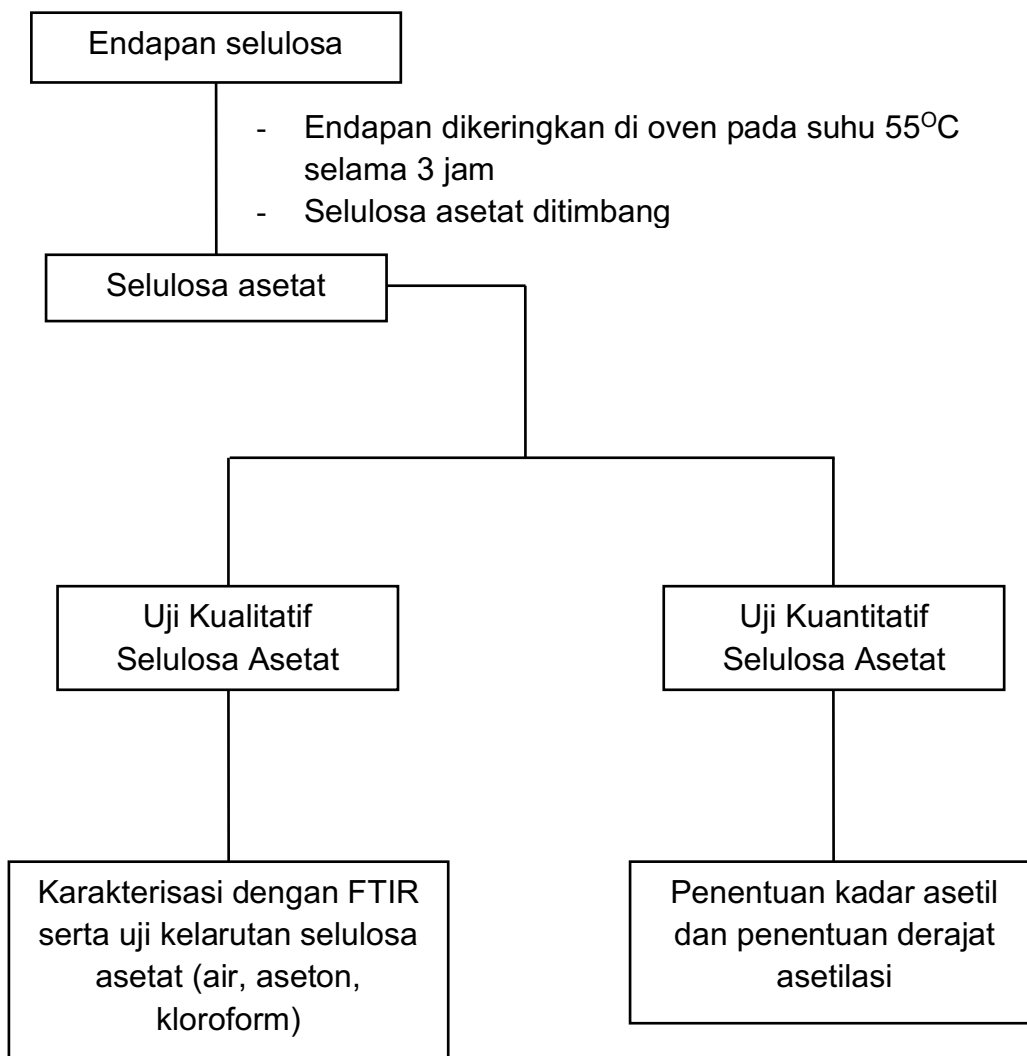
3. Hidrolisis



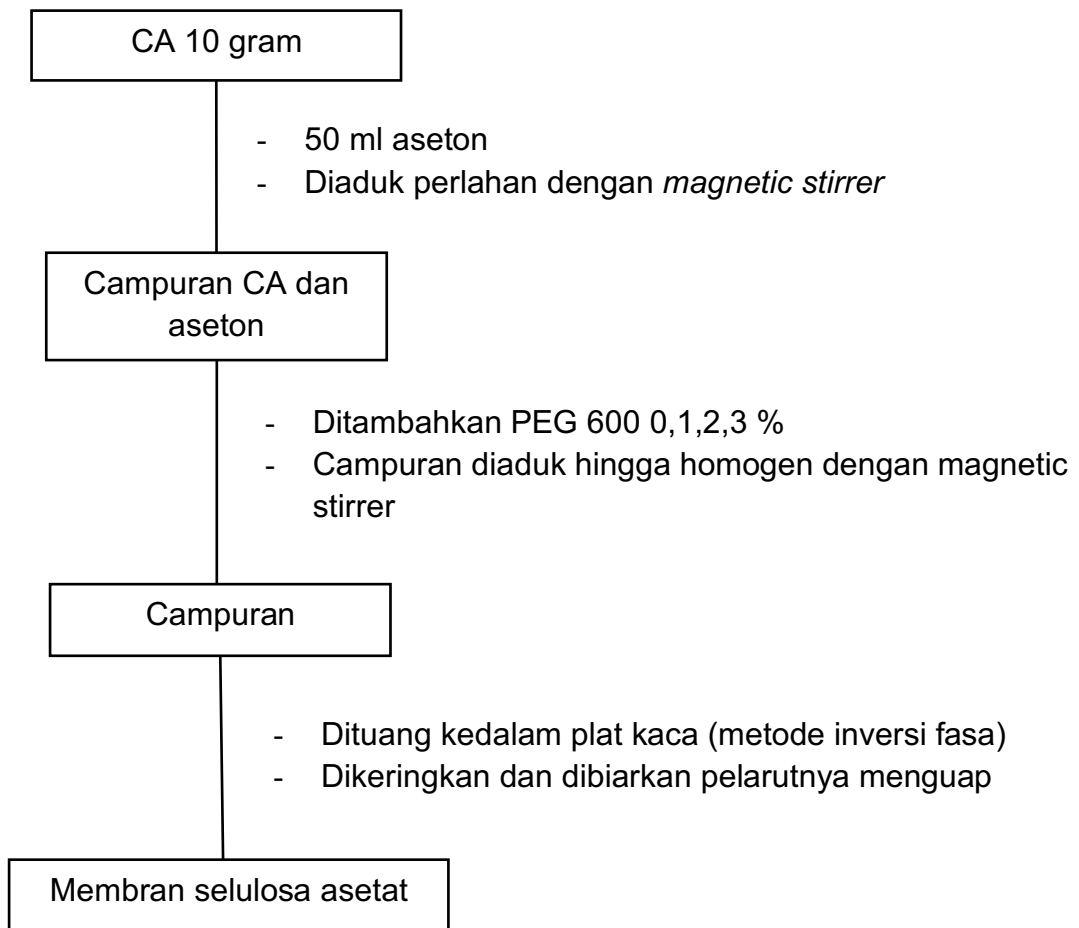
4. Pengendapan



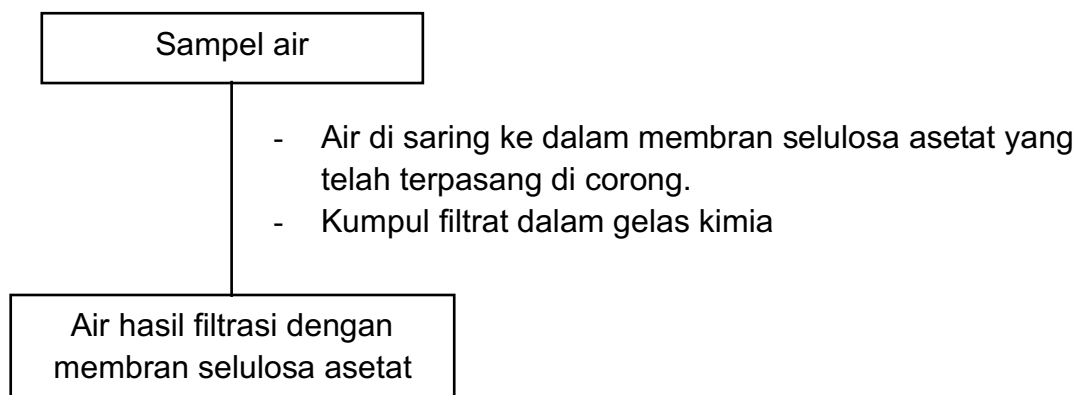
5. Pengeringan



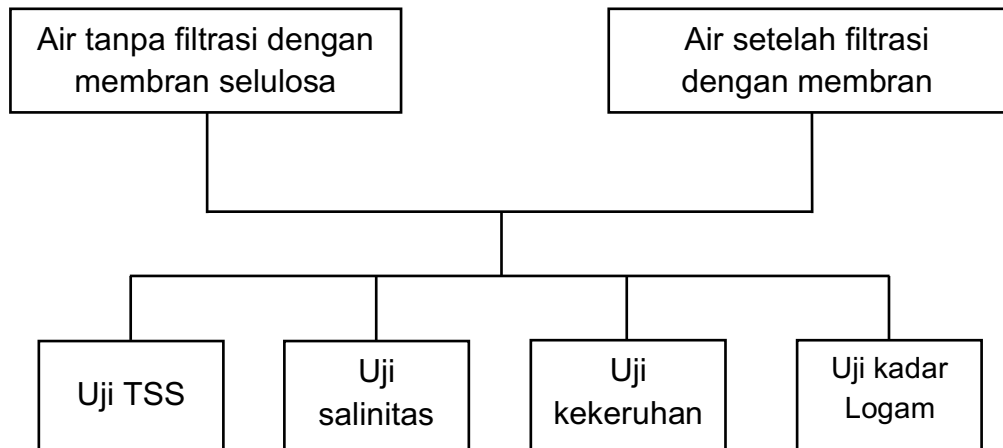
C. Pembuatan Membran Selulosa Asetat



D. Uji Membran dengan air



E. Pengujian Karakteristik Air



Lampiran 2	Hasil dan data analisa
-------------------	-------------------------------

1. Hasil Analisa Proksimat *Gracilaria Sp.*

- Kadar Air dan Kadar Protein



LABORATORIUM BIOTEKNOLOGI TERPADU PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Alamat: Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar
 Email: labbioternakfapetuh@gmail.com

No.Dok.: FSPO-LBTK-UH-12.2

SERTIFIKAT HASIL UJI

No.: 002/T/LBTK-UH/I/2022

Informasi Pelanggan

Nama Perusahaan/Pelanggan : Aan Eko Putra
 Alamat Lengkap : Pascasarjana Universitas Hasanuddin
 No. Telp./faks./e-mail : 081241564507
 Personel Penghubung : 081241981874

Informasi Sampel

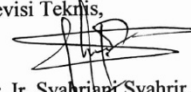
No. Identitas Laboratorium : 002/LBTK-RK/I-2022
 Uraian/Matriks Sampel : -
 Kondisi Saat Diterima : Baik
 Tanggal Diterima : 5/1/2022
 Tanggal Pengujian : 10/1/2022
 Tujuan Pengujian : -

Informasi Hasil Pengujian

No	Kode Sampel	PARAMETER UJI				
		Kadar Air (%) (AOAC 930.15)	Kadar Abu (% BK) (AOAC 942.05)	Kadar Protein Kasar (%BK) (AOAC 984.13)	Kadar Lemak Kasar (%BK) (AOAC 920.39)	Kadar Serat Kasar (%BK) (AOAC 962.09)
1	Rumput Laut Merah	17,01	-	14,29	-	-

Ket: 1. Kadar air ditetapkan sesuai sampel uji; 2. Selain kadar air, parameter ditetapkan berdasarkan 100% BK; 3. Lembaran sertifikat hasil uji ini tertelusur; 4. Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang diuji dan laporan ini tidak boleh digandakan

Makassar, 26 Januari 2022
 Devisi Teknis,


 Dr. Ir. Syahrir Syahrir, M.Si.
 NIP.: 196511121990032001

- Kadar Karbohidrat



LABORATORIUM BIOTEKNOLOGI TERPADU PETERNAKAN
 FAKULTAS PETERNAKAN
 UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Alamat: Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar
 Email: labbioternakfapetuh@gmail.com

No.Dok.: FSPO-LBTK-UH-12.2

SERTIFIKAT HASIL UJI

No.: 002/T/LBTK-UH/I/2022

Informasi Pelanggan

Nama Perusahaan/Pelanggan : Aan Eko Putra
 Alamat Lengkap : Pascasarjana Universitas Hasanuddin
 No. Telp./faks./e-mail : 081241564507
 Personel Penghubung : 081241981874

Informasi Sampel

No. Identitas Laboratorium : 002/LBTK-RK/I-2022
 Uraian/Matriks Sampel : -
 Kondisi Saat Diterima : Baik
 Tanggal Diterima : 5/1/2022
 Tanggal Pengujian : 10/1/2022
 Tujuan Pengujian : -

Informasi Hasil Pengujian

No	Kode Sampel	Parameter	Satuan	Hasil
1	Rumput Laut Merah	Karbohidrat	%	42,98

Makassar, 26 Januari 2022
 Devisi Teknis,

Dr. Ir. Syahrani Syahrir, M.Si.
 NIP.: 196511121990032001

Ket: 1. Kadar air ditetapkan sesuai sampel uji; 2. Selain kadar air, parameter ditetapkan berdasarkan 100% BK; 3. Lembaran sertifikat hasil uji ini tertelusur; 4. Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang diuji dan laporan ini tidak boleh digandakan

2. Data Ekstraksi Selulosa

Isolasi Selulosa					
Tgl	Massa RL	Satuan	Massa selulosa	Satuan	Persentase rendemen (%)
18-Feb	150,0241	g	17,9111	g	11,94
09-Mar	150,0353	g	24,1160	g	16,07
30-Mar	150,0503	g	27,0782	g	18,05
11-Apr	150,0209	g	27,2001	g	18,13

3. Data Sintesis Selulosa Asetat

Sintesis Selulosa Asetat (Waktu Asetilasi: 30 menit)					
Tgl	Massa selulosa	Satuan	Massa CA	Satuan	Persentase rendemen (%)
23-Mei	5,0015	g	20,0889	g	401,66

Sintesis Selulosa Asetat (Waktu Asetilasi: 45 menit)					
Tgl	Massa selulosa	Satuan	Massa CA	Satuan	Persentase rendemen (%)
11-Mar	5,0009	g	28,8924	g	577,74

Sintesis Selulosa Asetat (Waktu Asetilasi: 60 menit)					
Tgl	Massa selulosa	Satuan	Massa CA	Satuan	Persentase rendemen (%)
23-Mei	5,0038	g	26,7608	g	534,81

4. Data Uji Kadar Asetil & Derajat Substitusi Selulosa Asetat

ASETILASI 30 MENIT					
Pembuatan HCl 0,5 N dari HCl 37%			Standarisasi HCl 0,5 N dgn NaOH 0,5 N		
%	37%	%	Volume NaOH	5	mL
bj	1.19	g/mL	N NaOH	0.5	N
BE	36.5	g/eq	Volume HCl (1)	4.9	mL
N	12.06	N	Volume HCl (2)	4.75	mL
V2	1000	mL	Volume HCl (3)	5.2	ml
N2	0.5	N	Vol. HCl rata-rata	4.95	mL
N1	12.06	N	Normalitas HCl	0.5051	N
V1	41.46	mL			
Pembuatan NaOH 0,5 N sebanyak 1 L					
V NaOH	1	L			
N NaOH	0.5	N			
BE NaOH	40	g/eg			
Massa NaOH	20	g			

Pembuatan As. Oksalat 0,5 N			Standarisasi NaOH 0,5 N - As. Oksalat 0,5 N		
Volume	0.25	L	Volume As. Oksalat	5	mL
N	0.5	N	N As. Oksalat	0.5	N
Mr	126	g/mol	Volume NaOH (1)	5.25	mL
BE	63	g/eq	Volume NaOH (2)	5.2	mL
W	7.875	g	Volume NaOH (3)	5.2	ml
			Vol. NaOH rata-rata	5.22	mL
			Normalitas NaOH	0.4792	N

$$\text{Kadar Asetil (\%)} = \frac{[(D - C) N_a + (A - B) N_b] \times F}{W} \times 100\%$$

$$DS = \frac{162 \times 1 \times \text{kadar asetil}}{(43 \times 100) - (43 - 1) \times \text{kadar asetil}}$$

Kadar Asetil dan DS (1)		
Berat CA (1)	0.5033	g
N. HCl	0.5051	N
V. HCl blanko	31.1	mL
V. HCl sampel (1)	25	mL
N. NaOH	0.4792	N
V. NaOH Blanko	0.65	mL
V. NaOH sampel (1)	0.6	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (1)	26.15	
DS (1)	1.32	

Kadar Asetil dan DS (2)		
Berat CA (2)	0.5020	g
N. HCl	0.5051	N
V. HCl blanko	31.1	mL
V. HCl sampel (2)	24.7	mL
N. NaOH	0.4792	N
V. NaOH Blanko	0.65	mL
V. NaOH sampel (2)	0.5	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (2)	27.10	
DS (2)	1.39	

Kadar Asetil dan DS (3)		
Berat CA (3)	0.5011	g
N. HCl	0.5051	N
V. HCl blanko	31.1	mL
V. HCl sampel (3)	24.6	mL
N. NaOH	0.4792	N
V. NaOH Blanko	0.65	mL
V. NaOH sampel (3)	0.4	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (3)	27.17	
DS (3)	1.39	

Rata-rata	
Kadar Asetil	26.81
Derajat Substitusi	1.37

ASETILASI 45 MENIT					
Pembuatan HCl 0,5 N dari HCl 37%			Standarisasi HCl 0,5 N dgn NaOH 0,5 N		
%	37%	%	Volume NaOH	5	mL
bj	1.19	g/mL	N NaOH	0.5	N
BE	36.5	g/eq	Volume HCl (1)	4.95	mL
N	12.06	N	Volume HCl (2)	5	mL
V2	1000	mL	Volume HCl (3)	5	ml
N2	0.5	N	Vol. HCl rata-rata	5.0	mL
N1	12.06	N	Normalitas HCl	0.5017	N
V1	41.46	mL			
Pembuatan NaOH 0,5 N sebanyak 1 L					
V NaOH	1	L			

N NaOH	0.5	N			
BE NaOH	40	g/eg			
Massa NaOH	20	g			

Pembuatan As. Oksalat 0,5 N			Standarisasi NaOH 0,5 N - As. Oksalat 0,5 N		
Volume	0.1	L	Volume As. Oksalat	5	mL
N	0.5	N	N As. Oksalat	0.5	N
Mr	126	g/mol	Volume NaOH (1)	5.2	mL
BE	63	g/eq	Volume NaOH (2)	5.2	mL
W	3.15	g	Volume NaOH (3)	5.2	ml
			Vol. NaOH rata-rata	5.20	mL
			Normalitas NaOH	0.4808	N

$\text{Kadar Asetil (\%)} = \frac{[(D - C) N_a + (A - B) N_b] \times F}{W} \times 100\%$	$DS = \frac{162 \times 1 \times \text{kadar asetil}}{(43 \times 100) - (43 - 1) \times \text{kadar asetil}}$
--	--

Kadar Asetil dan DS (1)		
Berat CA (1)	0.5058	g
N. HCl	0.5017	N
V. HCl blanko	31.4	mL
V. HCl sampel (1)	22	mL
N. NaOH	0.4808	N
V. NaOH Blanko	0.6	mL
V. NaOH sampel (1)	0.67	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (1)	40.42	
DS (1)	2.52	

Kadar Asetil dan DS (2)		
Berat CA (2)	0.5090	g
N. HCl	0.5017	N
V. HCl blanko	31.4	mL
V. HCl sampel (2)	21.5	mL
N. NaOH	0.4808	N
V. NaOH Blanko	0.6	mL
V. NaOH sampel (2)	0.62	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (2)	42.09	
DS (2)	2.69	

Kadar Asetil dan DS (3)		
Berat CA (3)	0.5071	g
N. HCl	0.5017	N
V. HCl blanko	31.4	mL
V. HCl sampel (3)	21.6	mL
N. NaOH	0.4808	N
V. NaOH Blanko	0.6	mL
V. NaOH sampel (3)	0.63	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (3)	41.86	
DS (3)	2.67	

Rata-rata	
Kadar Asetil	41.46
Derajat Substitusi	2.63

ASETILASI 60 MENIT					
Pembuatan HCl 0,5 N dari HCl 37%			Standarisasi HCl 0,5 N dgn NaOH 0,5 N		
%	37%	%	Volume NaOH	5	mL
bj	1.19	g/mL	N NaOH	0.5	N
BE	36.5	g/eq	Volume HCl (1)	4.9	mL
N	12.06	N	Volume HCl (2)	4.75	mL
V2	1000	mL	Volume HCl (3)	5.2	ml
N2	0.5	N	Vol. HCl rata-rata	4.95	mL
N1	12.06	N	Normalitas HCl	0.5051	N
V1	41.46	mL			
Pembuatan NaOH 0,5 N sebanyak 1 L					
V NaOH	1	L			
N NaOH	0.5	N			
BE NaOH	40	g/eg			
Massa NaOH	20	g			

Pembuatan As. Oksalat 0,5 N			Standarisasi NaOH 0,5 N - As. Oksalat 0,5 N		
Volume	0.25	L	Volume As. Oksalat	5	mL
N	0.5	N	N As. Oksalat	0.5	N
Mr	126	g/mol	Volume NaOH (1)	5.25	mL
BE	63	g/eq	Volume NaOH (2)	5.2	mL
W	7.875	g	Volume NaOH (3)	5.2	ml
			Vol. NaOH rata-rata	5.22	mL
			Normalitas NaOH	0.4792	N

$$\text{Kadar Asetil (\%)} = \frac{[(D - C) N_a + (A - B) N_b] \times F}{W} \times 100\%$$

$$DS = \frac{162 \times 1 \times \text{kadar asetil}}{(43 \times 100) - (43 - 1) \times \text{kadar asetil}}$$

Kadar Asetil dan DS (1)		
Berat CA (1)	0.5018	g
N. HCl	0.5051	N
V. HCl blanko	31.1	mL
V. HCl sampel (1)	20.8	mL
N. NaOH	0.4792	N
V. NaOH Blanko	0.65	mL
V. NaOH sampel (1)	0.82	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (1)	45.44	
DS (1)	3.06	

Kadar Asetil dan DS (2)		
Berat CA (2)	0.5014	g
N. HCl	0.5051	N
V. HCl blanko	31.1	mL
V. HCl sampel (2)	20.85	mL
N. NaOH	0.4792	N
V. NaOH Blanko	0.65	mL
V. NaOH sampel (2)	0.81	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (2)	45.11	
DS (2)	3.04	

Kadar Asetil dan DS (3)		
Berat CA (3)	0.5011	g
N. HCl	0.5051	N
V. HCl blanko	31.1	mL
V. HCl sampel (3)	20.75	mL
N. NaOH	0.4792	N
V. NaOH Blanko	0.65	mL
V. NaOH sampel (3)	0.8	mL
Konstanta asetil (F)	0.04305	
KADAR ASETIL (3)	45.53	
DS (3)	3.09	

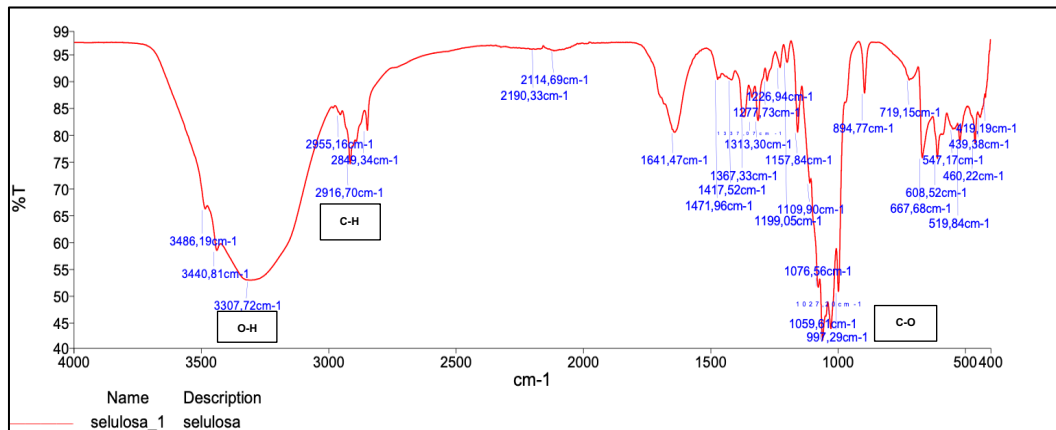
Rata-rata	
Kadar Asetil	45.32
Derajat Substitusi	3.06

Selulosa	Kadar Asetil	DS	Pelarut	Penggunaan
Monoasetat	13,0-18,6	0,6-0,9	Air	-
	22,2-32,3	1,2-1,8	2- metoksietanol	Plastik, cat, laker
Diasetat	36,5-42,2	2,2-2,7	Aseton	Benang, membran, film
Triasetat	43,6-44,8	2,8-3,0	Kloroform	Kain, pembungkus

Waktu asetilasi	KA (%)	DS	Ket.
30 menit	26.81	1.37	Selulosa monoasetat
45 menit	41.46	2.63	Selulosa diasetat
60 menit	45.32	3.06	Selulosa triasetat

5. Karakterisasi FTIR Selulosa dan Selulosa Asetat

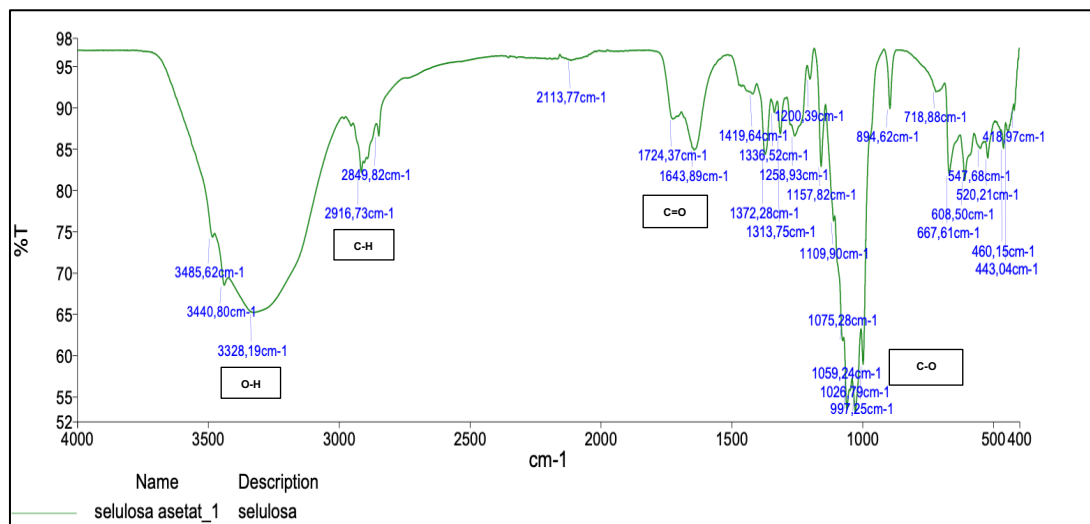
a. Selulosa



Peak Number	X (cm ⁻¹)	Y (%T)
1	3486,19	66,31
2	3440,81	58,54
3	3307,72	52,96
4	2955,16	83,92
5	2916,70	74,77
6	2849,34	81,01
7	2190,33	96,15
8	2114,69	95,90
9	1641,47	80,64
10	1471,96	90,51
11	1417,52	90,43
12	1367,33	83,58
13	1337,07	87,16
14	1313,30	82,82
15	1277,73	90,27
16	1226,94	92,76

Peak Number	X (cm ⁻¹)	Y (%T)
17	1199,05	93,73
18	1157,84	80,66
19	1109,90	71,16
20	1076,56	51,62
21	1059,61	41,74
22	1027,20	43,90
23	997,29	50,85
24	894,77	87,96
25	719,15	90,42
26	667,68	75,86
27	608,52	75,75
28	547,17	81,21
29	519,84	78,77
30	460,22	78,74
31	439,38	83,45
32	419,19	87,17

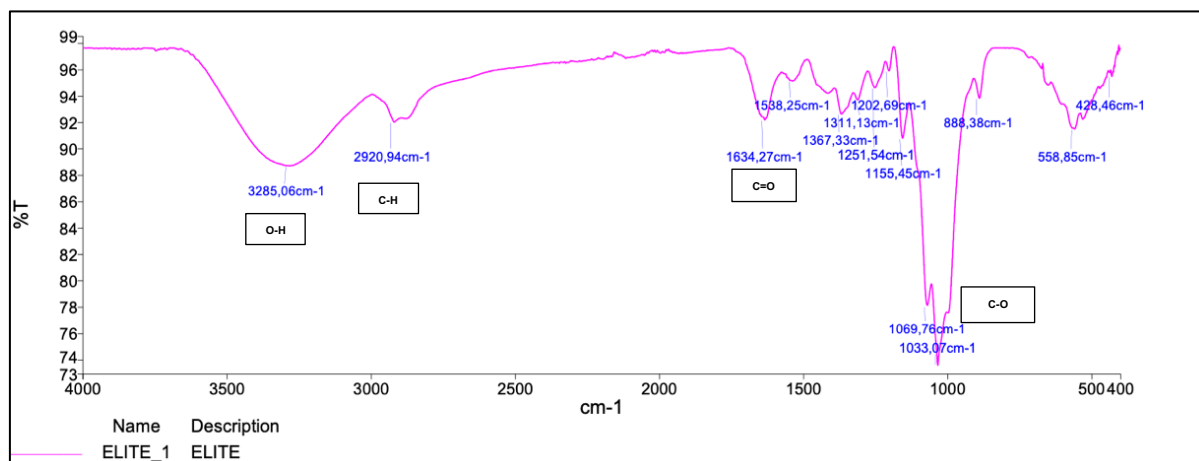
b. Selulosa asetat (30 menit)



Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3485,62	74,40
2	3440,80	68,55
3	3328,19	65,22
4	2916,73	82,27
5	2849,82	86,68
6	2113,77	95,87
7	1724,37	88,74
8	1643,89	85,02
9	1419,64	91,80
10	1372,28	84,46
11	1336,52	89,53
12	1313,75	86,95
13	1258,93	86,69
14	1200,39	93,61
15	1157,82	82,98

Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
16	1109,90	76,35
17	1075,28	61,80
18	1059,24	53,43
19	1026,79	53,12
20	997,25	58,94
21	894,62	90,02
22	718,88	92,07
23	667,61	81,97
24	608,50	81,26
25	547,68	85,19
26	520,21	84,01
27	460,15	85,21
28	443,04	87,11
29	418,97	89,80

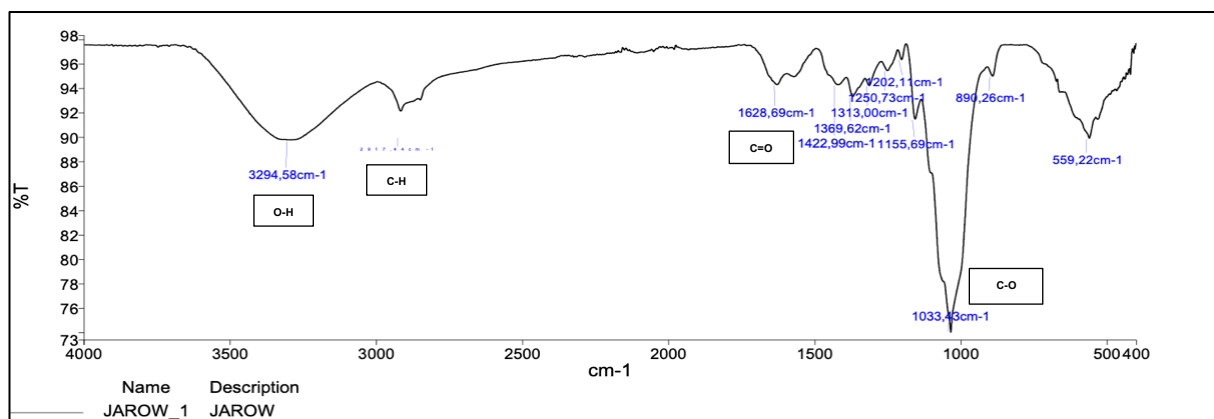
c. Selulosa asetat (45 menit)



Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3285,06	88,74
2	2920,94	92,08
3	1634,27	92,24
4	1538,25	95,20
5	1367,33	92,69
6	1311,13	93,77
7	1251,54	94,69

Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
8	1202,69	95,97
9	1155,45	90,85
10	1069,76	78,12
11	1033,07	73,55
12	888,38	93,89
13	558,85	91,55
14	428,46	95,54

d. Selulosa asetat (60 menit)

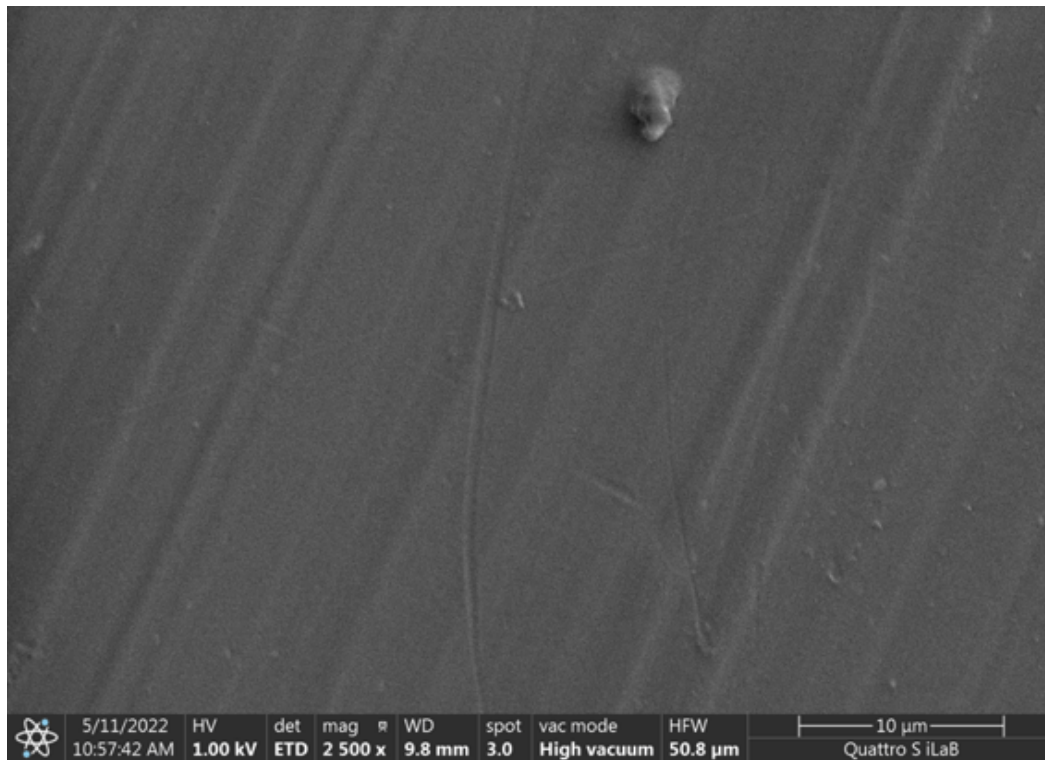


Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3294,58	89,82
2	2917,44	92,19
3	1628,69	94,37
4	1422,99	94,36
5	1369,62	93,39
6	1313,00	94,31

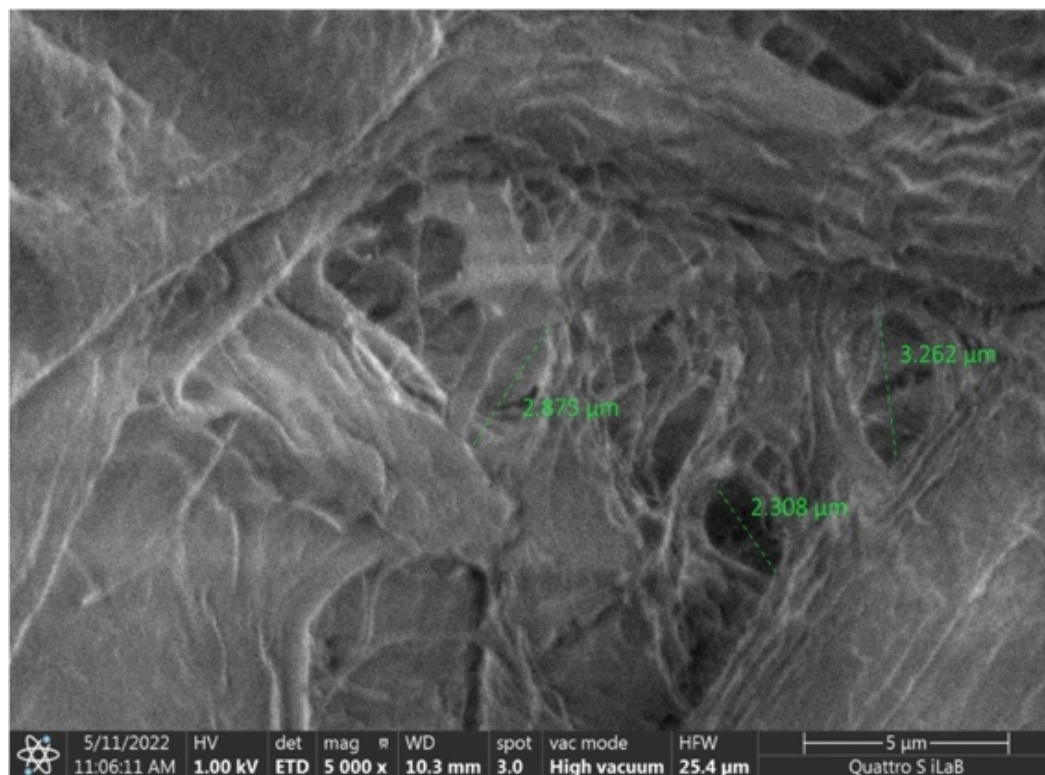
Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
7	1250,73	95,52
8	1202,11	96,43
9	1155,69	91,53
10	1033,43	74,00
11	890,26	95,08
12	559,22	89,96

6. Karakterisasi Membran

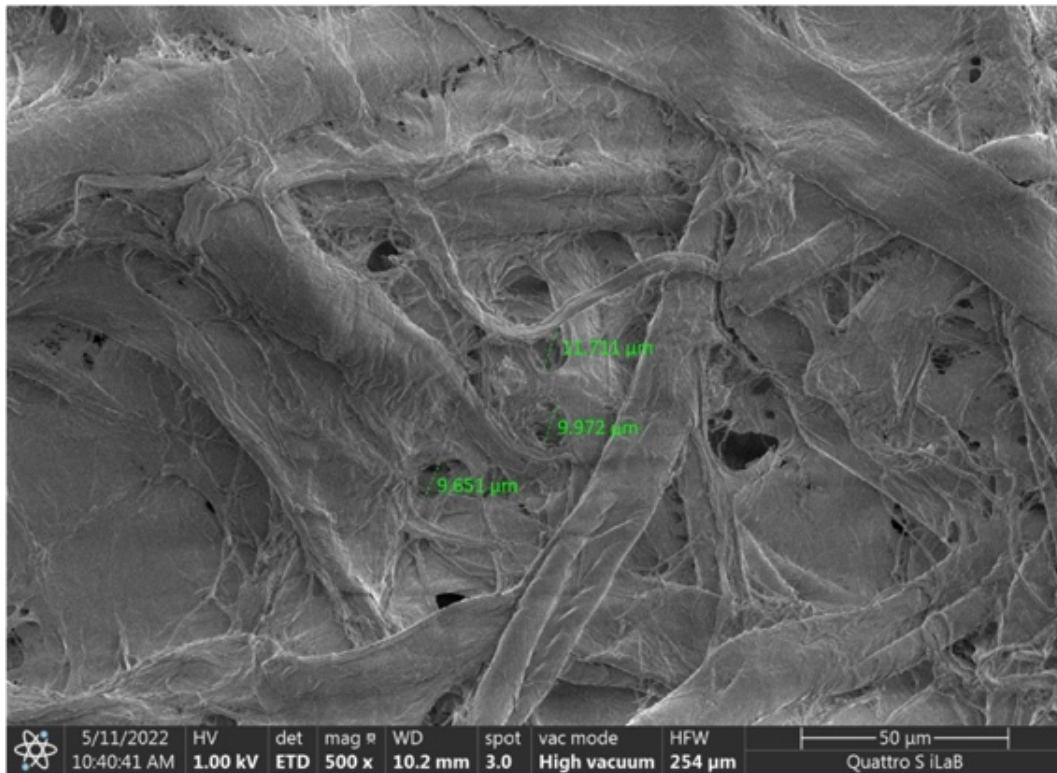
- Morfologi membran dengan SEM



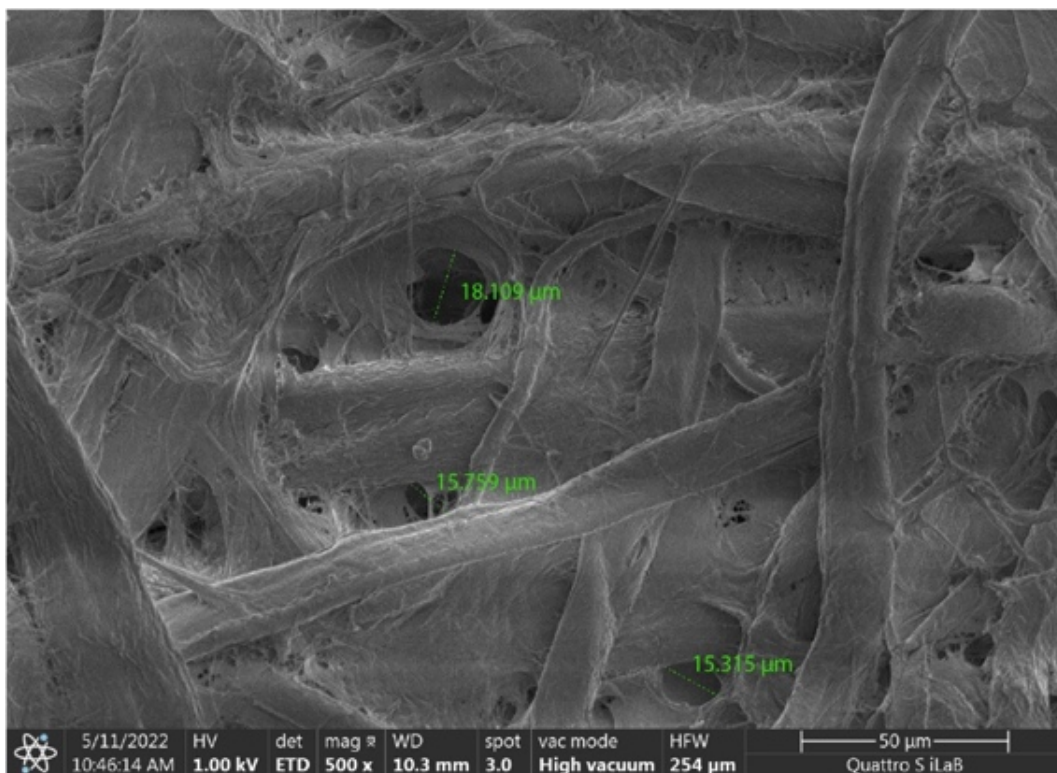
Hasil analisa membran selulosa asetat tanpa PEG dengan SEM



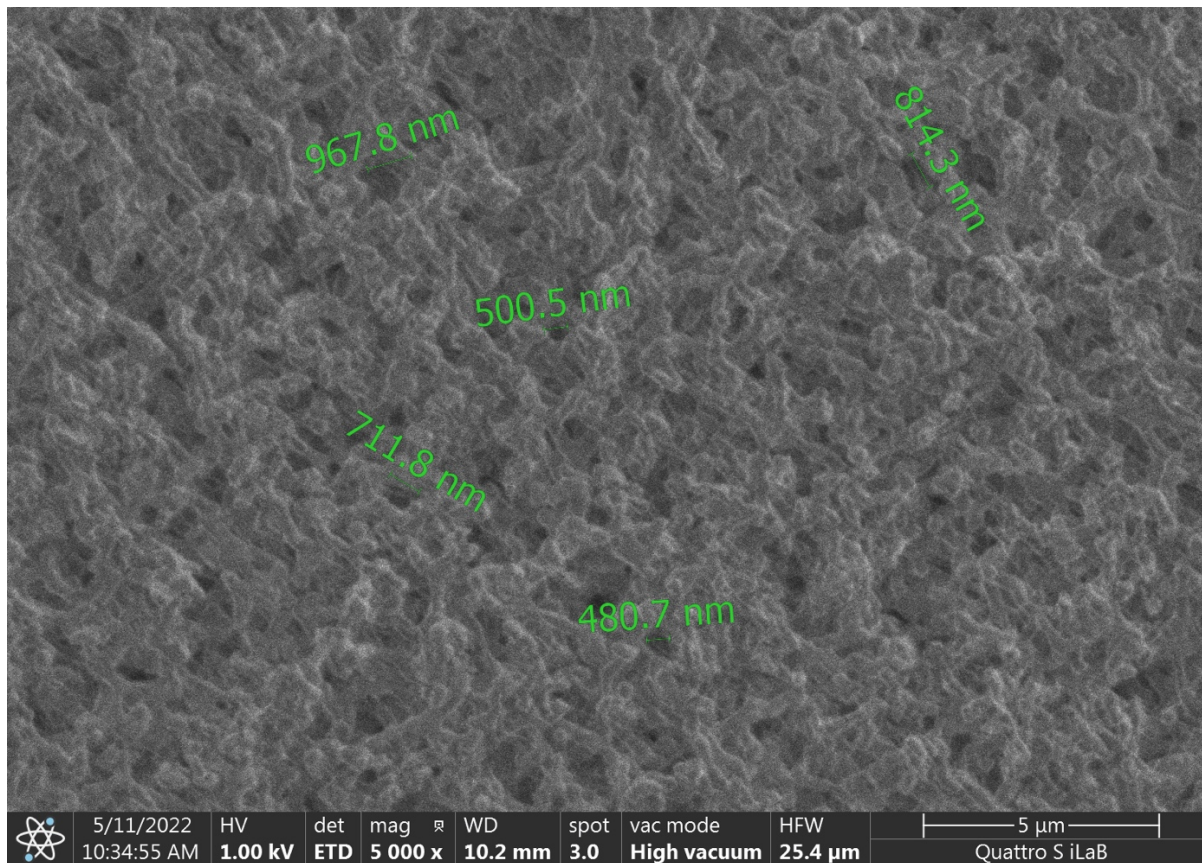
Hasil analisa membran selulosa asetat-PEG 1% dengan SEM



Hasil analisa membran selulosa asetat-PEG 2% dengan SEM



Hasil analisa membran selulosa asetat-PEG 3% dengan SEM



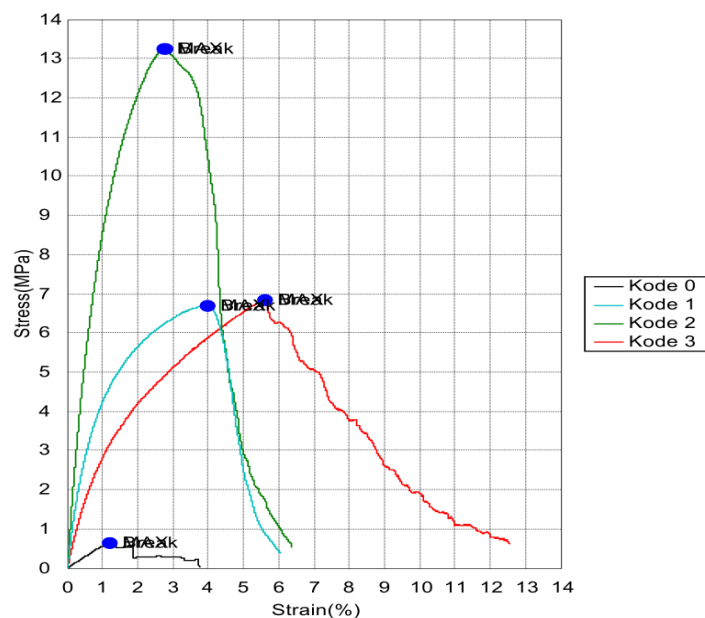
Hasil analisa membran selulosa asetat komersil dengan SEM

- Uji Kuat tarik dengan UTM

Report Date	12/05/2022	Test Date	12/05/2022
Testing Machine	AGS-X	Capacity	5000N
Test Mode	Single	Test Type	Tensile
Speed	5mm/min	Shape	Plate
No of Batches:	1	Qty/Batch:	4

Name	Thickness	Width	Gauge_Length
Unit	mm	mm	mm
Kode 0	1.44	11.97	30.08
Kode 1	0.24	11.35	30.21
Kode 2	0.16	10.9	30.12
Kode 3	0.14	11.48	29.11

Name	Mod Elastic	Tensile Strength	Max Strain	Max Force			
Stress 0.1 - 0.4	Calc. at Entire	Calc. at Entire			Break Strain	Break Force	Break Stress
Parameters	MPa		Areas	Areas	Sensitivity: 0.01	Sensitivity: 0.01	Sensitivity: 0.01
Unit	GPa	N/mm2	%	N	%	N	MPa
Kode 0	0.06	0.630	1.21	10.87	1.22	10.84	0.63
Kode 1	0.73	6.702	3.98	18.25	3.98	18.25	6.70
Kode 2	1.57	13.25	2.76	23.11	2.80	23.09	13.24
Kode 3	0.42	6.835	5.60	10.99	5.62	10.98	6.83
Average	0.70	6.85	3.39	15.80	3.40	15.79	6.85
Standard Deviation	0.65	5.15	1.86	5.97	1.86	5.97	5.15



7. Uji Kualitas Air

TSS AIR LAUT															
SEBELUM DISARING															
	Massa (Wo)		Rata-rata Wo		Vol Air		Massa (W1)		Rata-rata W1		W1-W0 (g)	W1-W0 (mg)	TSS		SD
Cawan sebelum (1)	31.2862	g	31.2862	g	0.025	L	31.2888	g	31.2879	g	0.0017	1.7000	68.00	mg/L	45.37253207
	31.2861	g		31.2885			g	g		mg/L					
	31.2862	g		31.2863			g	g		mg/L					
Cawan sebelum (2)	33.8578	g	33.8577	g	0.025	L	33.8600	g	33.8601	g	0.0025	2.4667	98.67	mg/L	8.219218671
	33.8576	g		33.8601			g	g		mg/L					
	33.8576	g		33.8603			g	g		mg/L					
Cawan sebelum (3)	29.9212	g	29.9212	g	0.025	L	29.925	g	29.9251	g	0.0039	3.8667	154.67	mg/L	3.771236166
	29.9212	g		29.925			g	g		mg/L					
	29.9212	g		29.9252			g	g		mg/L					
SETELAH DISARING															
Cawan + membran (1)	31.2860	g	31.2861	g	0.025	L	31.2868	g	31.2869	g	0.0008	0.7667	30.67	mg/L	4.988876516
	31.2861	g		31.2870			g	g		mg/L					
	31.2862	g		31.2868			g	g		mg/L					
Cawan + membran (2)	33.8578	g	33.8578	g	0.025	L	33.8593	g	33.8593	g	0.0014	1.4333	57.33	mg/L	9.977753031
	33.8577	g		33.8594			g	g		mg/L					
	33.8580	g		33.8591			g	g		mg/L					
Cawan + membran (3)	29.9212	g	29.9211	g	0.025	L	29.9232	g	29.9230	g	0.0019	1.8667	74.67	mg/L	4.988876516
	29.9211	g		29.9228			g	g		mg/L					
	29.9211	g		29.9230			g	g		mg/L					

TSS AIR SUNGAI															
SEBELUM DISARING															
	Massa (Wo)		Rata-rata Wo		Vol Air		Massa (W1)		Rata-rata W1		W1-W0 (g)	W1-W0 (mg)	TSS		SD
Cawan sebelum (1)	28.8996	g	28.8997	g	0.025	L	28.9030	g	28.9029	g	0.0033	3.2667	130.67	mg/L	
	28.8997	g		28.9029			g	mg/L							
	28.8997	g		28.9029			g	mg/L							
Cawan sebelum (2)	32.1358	g	32.1360	g	0.025	L	32.1396	g	32.1396	g	0.0036	3.6000	144.00	mg/L	
	32.1360	g		32.1396			g	mg/L							
	32.1361	g		32.1395			g	mg/L							
Cawan sebelum (3)	33.9849	g	33.9850	g	0.025	L	33.9883	g	33.9885	g	0.0035	3.4667	138.67	mg/L	
	33.9851	g		33.9886			g	mg/L							
	33.9850	g		33.9885			g	mg/L							
SETELAH DISARING															
Cawan + membran (1)	28.8996	g	28.8996	g	0.025	L	28.8998	g	28.9001	g	0.0005	0.4667	18.67	mg/L	
	28.8995	g		28.9002			g	mg/L							
	28.8997	g		28.9002			g	mg/L							
Cawan + membran (2)	32.1358	g	32.1360	g	0.025	L	32.1370	g	32.1369	g	0.0010	0.9667	38.67	mg/L	
	32.1360	g		32.1371			g	mg/L							
	32.1361	g		32.1367			g	mg/L							
Cawan + membran (3)	33.9849	g	33.9850	g	0.025	L	33.9859	g	33.9859	g	0.0009	0.8667	34.67	mg/L	
	33.9851	g		33.9860			g	mg/L							
	33.9850	g		33.9857			g	mg/L							

TSS AIR DANAU															
SEBELUM DISARING															
	Massa (Wo)		Rata-rata Wo		Vol Air		Massa (W1)		Rata-rata W1		W1-W0 (g)	W1-W0 (mg)	TSS		SD
Cawan sebelum (1)	30.2930	g	30.2928	g	0.025	L	30.2956	g	30.2956	g	0.0028	2.8000	112.00	mg/L	
	30.2927	g		g			g	g		g			mg/L		
	30.2928	g		g			g	g		g			mg/L		
Cawan sebelum (2)	31.6035	g	31.6036	g	0.025	L	31.6074	g	31.6072	g	0.0037	3.6667	146.67	mg/L	
	31.6035	g		g			g	g		g			mg/L		
	31.6037	g		g			g	g		g			mg/L		
Cawan sebelum (3)	34.1757	g	34.1757	g	0.025	L	34.1800	g	34.1802	g	0.0045	4.4667	178.67	mg/L	
	34.1757	g		g			g	g		g			mg/L		
	34.1757	g		g			g	g		g			mg/L		
SETELAH DISARING															
Cawan + membran (1)	34.1752	g	34.1752	g	0.025	L	34.1767	g	34.1765	g	0.0013	1.3333	53.33	mg/L	
	34.1752	g		g			g	g		g			mg/L		
	34.1751	g		g			g	g		g			mg/L		
Cawan + membran (2)	31.6031	g	31.6032	g	0.025	L	31.6050	g	31.6050	g	0.0018	1.7667	70.67	mg/L	
	31.6033	g		g			g	g		g			mg/L		
	31.6032	g		g			g	g		g			mg/L		
Cawan + membran (3)	30.2926	g	30.2925	g	0.025	L	30.2948	g	30.2946	g	0.0021	2.0667	82.67	mg/L	
	30.2925	g		g			g	g		g			mg/L		
	30.2925	g		g			g	g		g			mg/L		

SALINITAS							
Jenis Air	Salinitas sebelum saring (mg/L)	Membran	Salinitas sesudah saring (mg/L)	Rata-rata Salnitas sebelum disarig	SD setelah disaring	Rata-rata salinitas setelah disarig	SD setelah disaring
Air Laut	20.987	membran 1	16.13	20.99	0.0019	16.14	0.0094
	20.987		16.15				
	20.983		16.15				
	21.190	membran 2	18.12	21.19	0.0021	18.12	0.0047
	21.188		18.12				
	21.185		18.13				
	21.223	membran 3	19.56	21.22	0.0012	19.54	0.0125
	21.221		19.53				
	21.220		19.54				
Air Sungai	0.06	membran 3	0.03	0.06	0.0047	0.03	0.0047
	0.06		0.04				
	0.05		0.03				
	0.07	membran 2	0.06	0.06	0.0082	0.05	0.0047
	0.05		0.05				
	0.06		0.05				
	0.07	membran 1	0.07	0.08	0.0047	0.06	0.0047
	0.08		0.06				
	0.08		0.06				
Air Danau	0.00	membran 1	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	0.00		0.00				
	0.00		0.00				
	0.00	membran 2	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	0.00		0.00				
	0.00		0.00				
	0.00	membran 3	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.0000
	0.00		0.00				
	0.00		0.00				

TURBIDITAS							
Jenis Air	Turbiditas sebelum saring (NTU)	Membran	Turbiditas sesudah saring (NTU)	Rata-rata turbiditas sebelum disaring	SD setelah disaring	Rata-rata turbiditas setelah disaring	SD setelah disaring
Air Laut	1.74	membran 1	0.62	1.74	0.0046	0.61	0.0082
	1.73		0.61				
	1.74		0.60				
	1.35	membran 2	0.63	1.35	0.0016	0.63	0.0000
	1.35		0.63				
	1.35		0.63				
	1.49	membran 3	1.02	1.49	0.0045	1.00	0.0403
	1.48		1.03				
	1.49		0.94				
Air Sungai	12.8	membran 1	2.38	12.9	0.0471	2.37	0.0094
	12.9		2.38				
	12.9		2.36				
	12.3	membran 2	2.69	12.2	0.0943	2.69	0.0205
	12.1		2.66				
	12.3		2.71				
	12.8	membran 3	2.97	12.8	0.1247	2.98	0.0141
	12.9		3.00				
	12.6		2.97				
Air Danau	3.13	membran 1	1.48	3.13	0.0163	1.47	0.0125
	3.15		1.47				
	3.11		1.45				
	3.22	membran 2	2.62	3.19	0.0205	2.59	0.0205
	3.17		2.57				
	3.19		2.59				
	3.32	membran 3	3.27	3.33	0.0189	3.24	0.0205
	3.36		3.24				
	3.32		3.22				

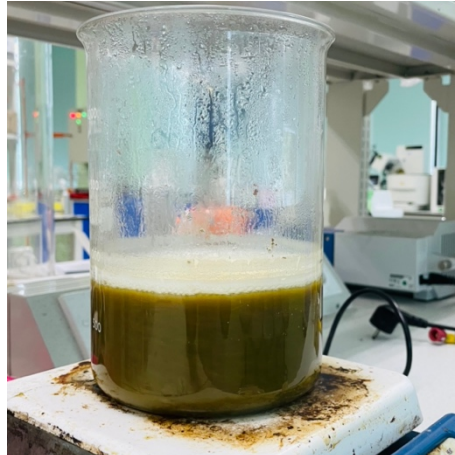
UJI KADAR LOGAM													
	Membrane	Cu				Zn				Pb			
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
		Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
AIR LAUT	M1	0.0493	0.0241	0.0491	0.024	0.0532	0.0315	0.0532	0.03143	0.249	0.101	0.2489	0.1013
		0.0493	0,0242			0.0537	0.0313			0.2487	0.102		
		0.0487	0.0242			0.0527	0.0315			0.2489	0.101		
	M2	0.0493	0.0377	0.0491	0.038	0.0532	0.0426	0.0532	0.04260	0.2489	0.1408	0.2489	0.1406
		0.0492	0.0377			0.0537	0.0426			0.2485	0.1404		
		0.0487	0.0376			0.0527	0.0426			0.2489	0.1406		
	M3	0.0493	0.0473	0.0491	0.047	0.0532	0.0517	0.0532	0.05153	0.2489	0.189	0.2489	0.1883
		0.0492	0.0474			0.0537	0.0515			0.2485	0.188		
		0.0487	0.0474			0.0527	0.0514			0.2489	0.188		
AIR SUNGAI	M1	0.0411	0.0259	0.0412	0.0257	0.065	0.0414	0.0620	0.0416	0.279	0.1694	0.2813	0.1692
		0.0413	0.0254			0.058	0.0419			0.283	0.1695		
		0.0413	0.0257			0.063	0.0416			0.282	0.1688		
	M2	0.0411	0.0325	0.0412	0.0359	0.065	0.0464	0.0620	0.0462	0.279	0.1719	0.2813	0.1716
		0.0413	0.0372			0.058	0.0462			0.283	0.1715		
		0.0413	0.0381			0.063	0.0459			0.282	0.1713		
	M3	0.0411	0.0392	0.0412	0.0389	0.065	0.0702	0.0620	0.0603	0.279	0.2332	0.2813	0.2333
		0.0413	0.0386			0.058	0.0704			0.283	0.2336		
		0.0413	0.0389			0.063	0.0704			0.282	0.2330		
AI	M1	0.0529	0.0436	0.0529	0.0435	0.087	0.0643	0.0860	0.0640	0.329	0.2092	0.3293	0.2094
		0.0528	0.0437			0.087	0.0637			0.327	0.2095		

UJI KADAR LOGAM													
	Membrane	Cu				Zn				Pb			
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
				Mean	Mean			Mean	Mean			Mean	Mean
		0.0531	0.0431			0.084	0.0641			0.332	0.2096		
	M2	0.0529	0.0451	0.0454	0.0454	0.087	0.0655	0.0653	0.0653	0.329	0.2335	0.2335	0.2335
		0.0528	0.0453			0.087	0.0653			0.327	0.2338		
		0.0531	0.0457			0.084	0.0651			0.332	0.2331		
		0.0529	0.0506			0.087	0.0816			0.329	0.2496		
	M3	0.0528	0.0513	0.0511	0.0511	0.087	0.0813	0.0814	0.0814	0.327	0.2493	0.2493	0.2493
		0.0531	0.0515			0.084	0.0814			0.332	0.2491		

3. Dokumentasi Penelitian



Penimbangan serbuk *Gracilaria sp.*



Isolasi selulosa dengan HNO_3



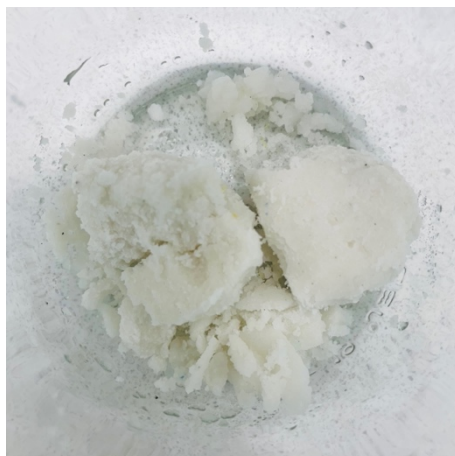
Delignifikasi dengan NaOH 2%



Penyaringan selulosa



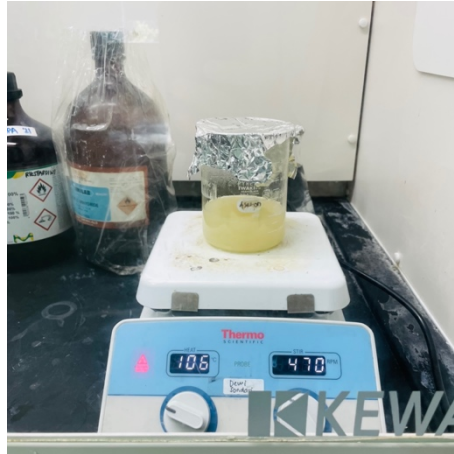
Pulp setelah ditambahkan NaOH 17,5%



Hasil bleaching selulosa dengan H_2O_2



Penimbangan selulosa *Gracilaria sp.*



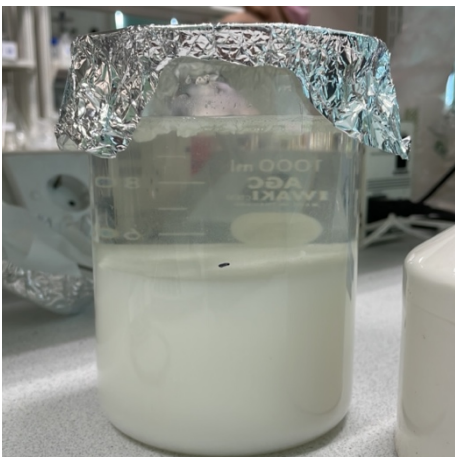
Penambahan asam asetat, asetat anhidrida dan H₂SO₄



Pengendapan selulosa asetat ke dalam Aquades



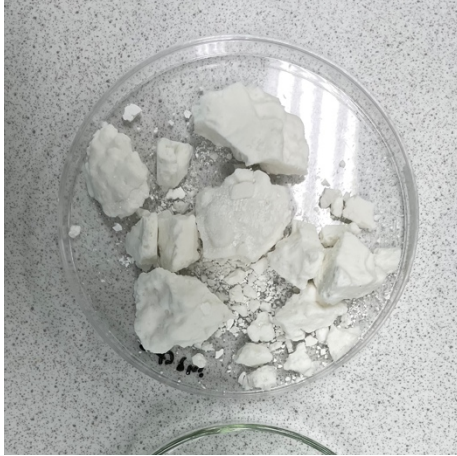
Selulosa asetat yang terbentuk



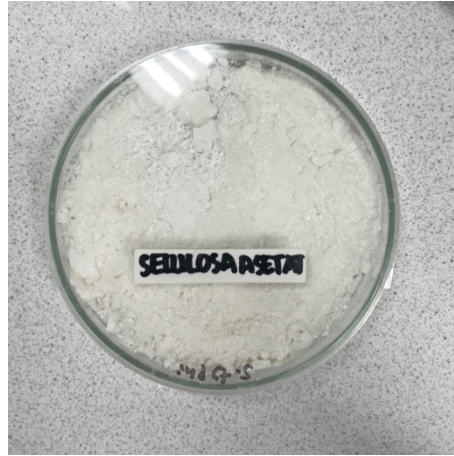
Selulosa asetat didiamkan untuk mempermudah penyaringan



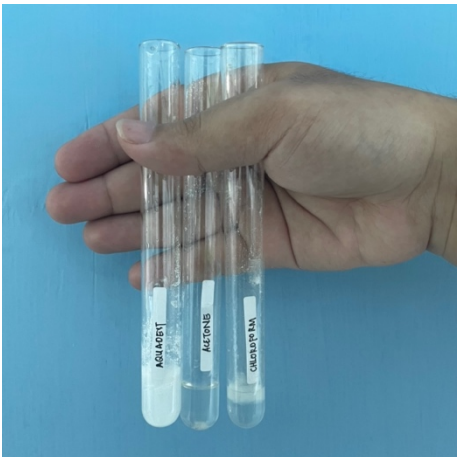
Penyaringan selulosa asetat



Selulosa asetat yang telah di keringkan



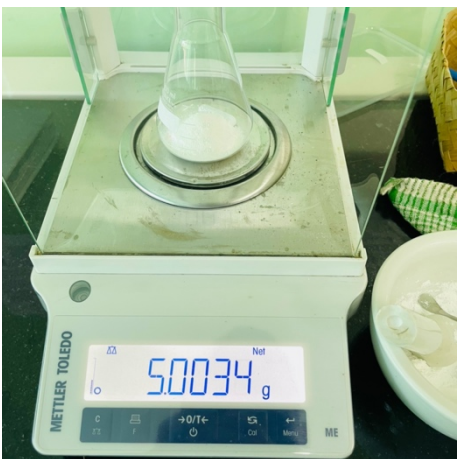
Selulosa asetat yang telah digerus



Uji kelarutan asam asetat dalam pelarut air, aseton dan kloroform



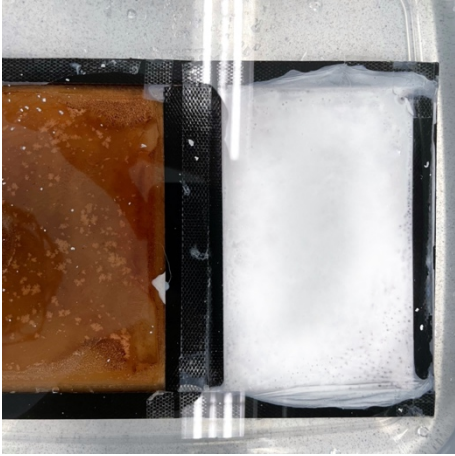
Uji kadar asetil dan DS



Penimbangan selulosa asetat



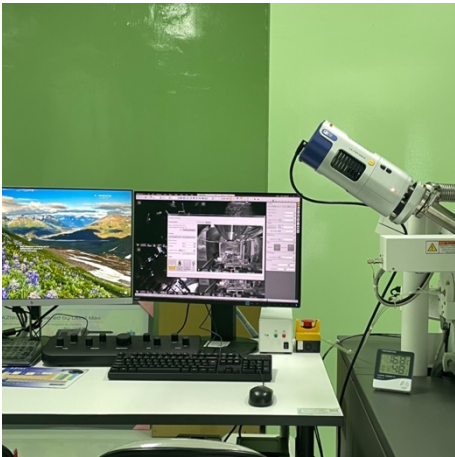
Pelarutan selulosa asetat dengan aseton dan PEG



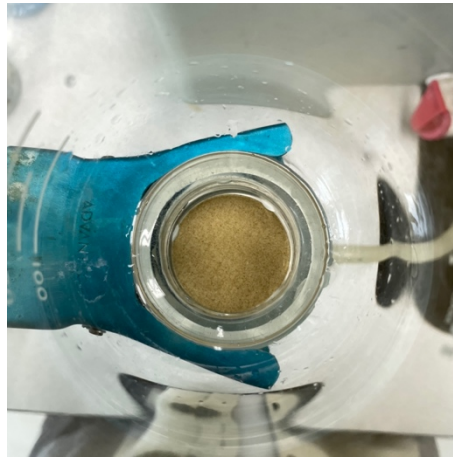
Pembuatan membran selulosa asetat dengan metode inversi fasa



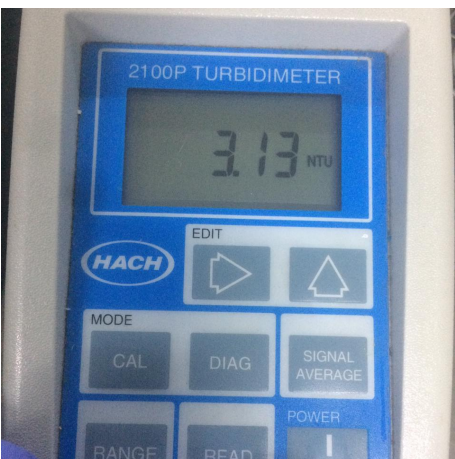
Uji selulosa dan selulosa asetat dengan mikroskop digital



Uji karakteristik membran dengan SEM



Penyaringan sampel air dengan membran



Uji turbiditas pada sampel air



Uji salinitas pada sampel air