

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu pembuatan membran selulosa asetat perlu dicantumkan peneliti sebelumnya mengenai beberapa penelitian. Penelitian Husni, dkk (2018) dalam pembuatan membran selulosa asetat dari pelepah pohon pisang adalah untuk mengetahui penambahan rasio bahan pemlastis polietilen glikol (PEG) yang menghasilkan membran selulosa asetat dengan sifat terbaik. Untuk mencetak membran, selulosa asetat dilarutkan dalam aseton 1:45 (b/v) dan pemlastis PEG ditambahkan dengan variasi 0, 2, 4, 6, 8%. Penambahan PEG 8% yang memiliki ketebalan 0,0206 mm, kuat tarik 20,29 MPa, dan elongasi 3% menghasilkan sifat membran terbaik. Perbandingan lainnya yaitu pada penelitian Tungkup (2021) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan polietilen glikol 600 (PEG 600) pada membran selulosa asetat dari pelepah kelapa terhadap sifat fisik, mekanik, gugus fungsi, dan morfologi membran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi PEG yang digunakan meningkatkan ketebalan membran, tetapi menurunkan nilai elongasi dan kuat tarik membran dan gugus fungsi membran terdapat gugus fungsi PEG yang ditambahkan. Meningkatnya konsentrasi PEG juga memperlebar struktur pori membran.

Pada penelitian lain yaitu pada penelitian Fitriyano dan Abdullah (2016) yaitu sintesis selulosa asetat yang diaplikasikan sebagai masker yang mampu menyaring bahan berbahaya dari asap rokok dengan bahan baku kulit pisang. Hasil sintesis optimum pada waktu reaksi 6 jam dengan *yield* 50% kemudian dilakukan aplikasi sebagai masker asap rokok untuk selanjutnya dianalisa menggunakan SEM. Hasil analisa SEM diperoleh struktur partikel masker asap rokok lebih renggang dibandingkan struktur permukaan partikel filter selulosa asetat komersial. Perbandingan lainnya yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Mu'tamirah dan Sunu (2019) yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat penyaring udara dengan media zeolit dan pelepah pisang untuk menurunkan kadar karbon

monoksida (CO) di udara yang bersumber dari kendaraan bermotor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar CO sebelum melalui media adalah 60 ppm pada titik pertama dan 700 ppm pada titik kedua. Hasil penurunan kadar CO setelah melalui media adalah 66,6% pada titik pertama dan 84% pada titik kedua. Berikut ini merupakan hasil dari penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	Gudmanto (2022)	Mengetahui pengaruh variasi penambahan PEG 600 terhadap sifat fisik, morfologi, dan waktu penggunaan membran selulosa asetat dalam mereduksi asap rokok	Membran SA dengan penambahan PEG sebanyak 2, 4 dan 6 mL memiliki ketebalan masing-masing 1,725; 1,925; dan 2,225 mm. Pada variasi PEG 6 mL terlihat semakin banyak jumlah pori yang terbentuk. Semakin meningkatnya PEG akan berpengaruh terhadap lama waktu penggunaan membran selulosa asetat untuk mengetahui	Bahan baku pembuatan membran dan bahan pemlastis

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			kemampuan membran dalam mereduksi CO asap rokok	
2.	Ningrum (2022)	Mengetahui proses isolasi tanaman lidah mertua untuk menghasilkan selulosa dan efektivitas alat pendeteksi CO dalam mereduksi karbon monoksida pada asap rokok	Proses isolasi tanaman lidah mertua menghasilkan selulosa dengan menunjukkan gugus fungsi khas senyawa selulosa pada pengujian FTIR. Efektivitas membran selulosa asetat dengan penambahan PEG 600 sebanyak 2 mL adalah 55,21%, pada penambahan PEG 600 sebanyak 4 mL adalah 55,44%, dan pada penambahan PEG 600 sebanyak 6 mL adalah 32,79%.	Bahan baku pembuatan membran dan bahan pemlastis
3.	Irawati (2021)	Mengetahui efektivitas	Efektivitas <i>CO reducer</i> dengan	Bahan baku pembuatan

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
		penurunan kadar CO pada asap rokok dengan filter membran selulosa asetat dari tanaman lidah mertua dengan menggunakan <i>CO reducer</i> .	filter membran selulosa asetat lidah mertua dalam menurunkan kadar CO adalah 70,23% ketika berada di dalam ruangan dan 87,14% ketika berada di luar ruangan.	membran dan adanya penambahan bahan pemlastis
4.	Putri, dkk (2021)	Mengetahui proses pembuatan membran selulosa asetat dari tanaman lidah mertua yang mampu menurunkan gas karbon monoksida (CO) pada asap rokok.	Efektivitas membran selulosa asetat dalam menurunkan kadar karbon monoksida pada asap rokok yang dibakar selama 5 menit adalah 70,23% ketika berada di dalam ruangan dan 87,14% ketika berada di luar ruangan.	Bahan baku pembuatan membran dan adanya penambahan bahan pemlastis
5.	Tungkup (2021)	Untuk mengetahui pengaruh penambahan	Semakin meningkatnya konsentrasi PEG yang digunakan	Bahan baku pembuatan membran, bahan

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
		PEG 600 pada membran selulosa asetat pelepah kelapa terhadap sifat fisik, mekanik, gugus fungsi dan morfologinya.	juga meningkatkan ketebalan, tetapi menurunkan kuat tarik dan elongasi membran. Membran dengan penambahan PEG memiliki struktur pori asimetrik.	pemlastis dan pengaplikasian membran
6.	Bellaninda (2020)	Mengetahui perbandingan morfologi dari membran polisulfon dengan dan tanpa penambahan PEG 400 yang diaplikasikan pada pelepasan fosfat pupuk.	Porositas membran dan pelepasan fosfat dalam air meningkat seiring meningkatnya kandungan PEG. Membran dengan kandungan PEG 10% memiliki ukuran pori lebih besar dibanding dengan membran tanpa PEG.	Bahan baku pembuatan membran dan pengaplikasian membran
7.	Mu'tmirah dan Sunu (2019)	Mengetahui efektivitas media zeolit dan membran selulosa asetat dari pelepah	Sebelum melalui media filter zeolit dan membran selulosa asetat dari pelepah pisang, kadar karbon	Bahan baku pembuatan membran, adanya penambahan bahan

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
		pisang dan dalam menurunkan kadar karbon monoksida (CO) pada asap kendaraan bermotor.	monoksida (CO) pada titik pertama adalah 60 ppm dan pada titik kedua adalah 700 ppm. Setelah melalui media filter kadar CO berkurang menjadi 66,6% pada titik pertama dan 84% pada titik kedua.	pemlastis dan sumber polutan
8.	Husni, dkk. (2018)	Mengetahui kombinasi polietilen glikol (PEG) dan selulosa asetat dari pelepah pisang untuk menghasilkan karakteristik membran selulosa asetat terbaik.	Selulosa dari hasil ekstraksi diperoleh 62,5% dan selulosa asetat dari hasil sintesis diperoleh 50%. Penambahan PEG 8% yang memiliki ketebalan 0,0206 mm, kuat tarik sebesar 20,29 MPa, dan elongasi sebesar 3%, menghasilkan karakteristik membran terbaik.	Bahan baku pembuatan membran dan pengaplikasian membran untuk gas karbon monoksida asap rokok

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
9.	Fitriyano dan Abdullah (2016)	Mengetahui kadar selulosa kulit pisang yang diaplikasikan sebagai masker asap rokok dengan menggunakan pемlastis poliester.	Struktur permukaan partikel masker asap rokok lebih renggang dibandingkan struktur permukaan partikel filter selulosa asetat komersial. Kandungan selulosa pada kulit pisang diperoleh sebesar 11,74%, <i>yield</i> tertinggi yaitu 50% diperoleh pada waktu 6 jam reaksi asetilasi.	Bahan pемlastis dan produk membran
10.	Sampurna (2015)	Mengetahui pengaruh penambahan PEG 400 dan sulfonasi dalam meningkatkan kinerja membran ultrafiltrasi dari selulosa asetat komersial.	Apabila dibandingkan MSA tanpa PEG, MSA dengan PEG 2% menunjukkan jumlah makrovoid yang lebih banyak dan terorientasi dengan baik. Penambahan PEG terbukti	Bahan baku pembuatan membran dan pengaplikasian membran.

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			meningkatkan fluks air dan porositas membran yang dihasilkan. Rejeksi membran dan sifat anti penyumbatan terhadap merah kongo meningkat dengan dilakukan perendaman dengan H ₂ SO ₄ .	

2.2 Teori-Teori yang Relevan

2.2.1 Pisang Kepok

Pisang merupakan tanaman yang sangat populer dan banyak tumbuh di tempat beriklim tropis. Salah satu negara yang dianggap sebagai penghasil pisang terbesar di dunia adalah Indonesia, karena telah memproduksi 6,20% dari total produksi dunia dan 50% produksi pisang Asia berasal dari Indonesia (Lolodatu, 2015). Pisang merupakan tanaman yang mudah tumbuh, berumur singkat, dan dapat dipanen sepanjang tahun. Salah satu jenis tanaman pisang yang tumbuh subur dan tersebar merata di seluruh Indonesia adalah pisang kepok. Tanaman pisang kepok dapat ditanam dan tumbuh baik pada berbagai macam topografi tanah, baik tanah miring maupun tanah datar. Pisang kepok dapat tumbuh subur pada tanah yang gembur dan banyak terdapat humus. Menurut Handayani (2018) pisang kepok memiliki kulit yang tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang berbintik coklat. Pisang kepok tumbuh pada suhu optimum untuk pertumbuhannya sekitar 27° dan suhu maksimum 38°. Bentuk pisang kepok memiliki ukuran buah yang kecil dengan panjang berkisar 10 – 12 cm dan beratnya berkisar 80 – 120 gram. Limbah

kulit pisang kepok memiliki serat yang sangat halus dengan konsentrasi selulosa berkisar 60–65%, hemiselulosa 6–8%, dan lignin 5–10% (Novianti dan Setyowati, 2016). Berikut Gambar 2.1 yang menunjukkan pisang kepok.



Gambar 2. 1 Pisang Kepok

(Sumber: Dokumentasi Handayani, 2018)

2.2.2 Membran

Membran merupakan lapisan tipis selektif dan bersifat semipermeabel yang berada di antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat. Sifat selektif membran ini dapat digunakan pada proses pemisahan. Membran memiliki kemampuan untuk memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya (Elma, 2016). Berdasarkan prinsip pemisahannya membran dibedakan menjadi tiga kelompok, antara lain (Elma, 2016):

a. Membran Berpori

Membran berpori digunakan untuk memisahkan partikel besar dari umpan dan dalam aplikasi mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan diálisis. Sifat pemisah tersebut bergantung pada ukuran pori membran, apabila ukuran pori lebih kecil daripada ukuran partikel yang akan dipisahkan maka membran memiliki selektivitas yang tinggi.

b. Membran Tidak Berpori

Membran tidak berpori biasanya digunakan dalam proses pemisahan molekul kecil dalam fase gas atau cair. Membran ini dapat memisahkan campuran senyawa yang memiliki berat molekul yang relatif sama. Misalnya, teknik pemisahan gas

yang dapat memisahkan campuran H_2/N_2 , O_2/N_2 , CO_2/N_2 . Selektifitas pada membran ini terjadi karena perbedaan kelarutan (*solubility*) atau difusifitas.

c. Membran Pembawa

Pada membran ini mekanisme perpindahan ditentukan oleh molekul pembawa yang spesifik dan tidak ditentukan oleh membran atau material membran. Pembawa yang mengandung membran berada di dalam pori membran. Selektifitas membran bergantung kepada spesifikasi molekul pembawa yang digunakan.

Berdasarkan gradien tekanan dan proses pemisahannya, membran dibagi menjadi empat kelompok sebagai berikut (Elma, 2016):

- a. Mikrofiltrasi (MF), yang beroperasi dengan tekanan berkisar 1-5 bar dan permeabilitasnya lebih besar dari $50 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$.
- b. Ultrafiltrasi (UF), yang beroperasi dengan tekanan berkisar 1-5 bar dan permeabilitasnya $50 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$.
- c. Nanofiltrasi, yang beroperasi dengan tekanan berkisar 5-20 bar dan permeabilitasnya mencapai $1,4-12 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$.
- d. *Reverse Osmosis* (RO), yang beroperasi dengan tekanan berkisar 10-100 bar dan permeabilitasnya mencapai $0,005-1,4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$.

Perbandingan empat proses di atas dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Membran Berdasarkan Tekanan dan Prosesnya

Proses	Ukuran Pori	Permeabilitas	Tekanan
Mikrofiltrasi	0,05 – 10 μm	$>50 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$	1 – 2 bar
Ultrafiltrasi	0,001 – 0,05 μm	$50 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$	2 – 5 bar
Nanofiltrasi	$<2,0 \text{ nm}$	$1,4-12 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$	5 – 15 bar
<i>Reverse Osmosis</i>	$<1,0 \text{ nm}$	$0,005-1,4 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$	15 – 100 bar

Sumber: (Tungkup, 2021)

Berikut ini adalah teknik-teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template leaching*, dan inversi fasa, sebagai berikut (Wenten, 2000):

a. *Sintering*

Sintering merupakan salah satu metode yang sangat mudah dalam pembuatan membran dengan bahan anorganik maupun organik. Bubuk dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Antar muka antara partikel yang berinteraksi hilang selama proses *sintering* memungkinkan terbentuknya pori. Metode ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1-10 μm .

b. *Stretching*

Stretching merupakan suatu metode pembuatan membran dimana film yang telah diekstruksi atau *foil* yang dibuat dari bahan polimer semi kristalin ditarik searah proses ekstruksi sehingga molekul-molekul kristalnya akan terletak paralel satu sama lain. Apabila *stress* mekanik diaplikasikan maka akan terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori antara 0,1 – 0,3 μm .

c. *Track-Etching*

Pada proses pembuatan membran secara *Track-Etching* film atau *foil* ditembak dengan partikel radiasi berenergi tinggi tegak lurus ke arah film. Partikel tersebut akan merusak matriks polimer dan membentuk suatu lintasan. Film kemudian dimasukkan ke dalam bak asam atau basa dan matriks polimer akan membentuk goresan di sepanjang lintasan yang akan membentuk pori silinder yang sama dengan distribusi pori yang sempit.

d. *Template-Leaching*

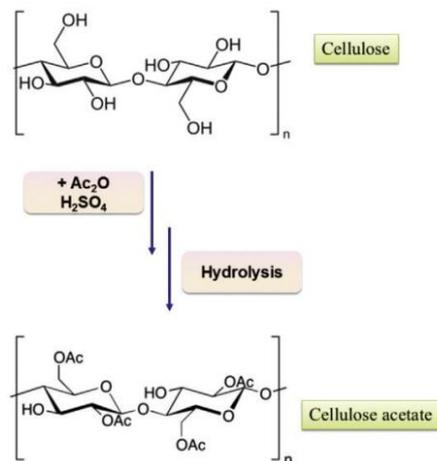
Pada metode *Template-Leaching* dalam pembuatan membran melibatkan pelepasan salah satu komponen (*leaching*). Pada membran gelas berpori dapat dibuat dengan menggunakan cara ini.

e. *Inversi Fasa*

Teknik inversi fasa merupakan metode yang sering digunakan dalam skala laboratorium maupun industri untuk proses pembuatan membran. Inversi fasa adalah suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk pembuatan membran secara inversi fasa, salah satunya yaitu metode pengendapan imersi. Dalam pengendapan secara imersi, larutan polimer dicetak dalam suatu

tempat dan dicelupkan pada bak koagulasi yang mengandung non pelarut. Pertukaran antara pelarut dan non pelarut akan terbentuk membran.

Selulosa aetat adalah salah satu polimer alam yang sering digunakan dalam pembuatan membran. Selulosa merupakan polisakarida yang didapat dari tanaman. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, selulosa diesterifikasi dalam kondisi asam, diikuti dengan hidrolisis parsial yang menghasilkan pergantian gugus hidroksil, dalam selulosa dengan gugus asetil. Berikut ini Gambar 2.2 yang menunjukkan reaksi selulosa menjadi selulosa aetat.



Gambar 2. 2 Skema Esterifikasi Selulosa dengan Anhidrida Asetat untuk Menghasilkan Selulosa Asetat

(Sumber: Elma, 2016)

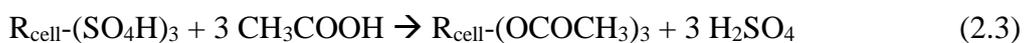
Reaksi asetilasi selulosa menjadi selulosa aetat berlangsung menurut mekanisme sebagai berikut (Seto, A. S. dan Sari, A. M., 2013):



acetilsulfuric-acid



selulose-sulfate



selulose acetate

2.2.3 Asap Rokok

Rokok merupakan produk olahan dari daun tembakau yang dibakar pada ujung satu kemudian dihisap pada bagian lainnya. Tembakau digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan rokok. Setidaknya 200 dari 4.800 komponen dalam tembakau berbahaya bagi kesehatan tubuh. Tembakau mengandung 4.800 elemen dan setidaknya 200 diantaranya berbahaya bagi kesehatan tubuh, seperti tar, nikotin, karbon monoksida dan berbagai logam berat. Komponen utama dalam asap rokok pada tiap batangnya antara lain yaitu karbon monoksida (CO) sebanyak 5-23 mg, uap air sebanyak 7-12 mg, asam nitrat sebanyak 0,1-1,6 mg, asetaldehid sebanyak 0,2-1,3 mg, asam format sebanyak 0,1-1,1 mg, metil klorida sebanyak 0,1-0,8 mg, asam sianida sebanyak 0,003-0,7 mg dan 50 macam karsinogen lainnya (Marmanik, 2021). Sedangkan menurut Utami, dkk. (2016) perkiraan komposisi kimia pada asap mainstream yang dihasilkan oleh rokok terdiri dari nitrogen sebesar 58%, oksigen sebesar 12%, karbon dioksida (CO₂) sebesar 13%, karbon monoksida (CO) sebesar 3,5%, uap air sebesar 1,5-2,5%, hidrogen dan argon sebesar 0,5%, senyawa organik yang mudah menguap sebesar 5%, dan fase partikulat 8%.

2.2.4 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan hasil pembakaran tidak sempurna unsur zat arang atau karbon. Orang di sekitar dapat menghirup 3% hingga 6% gas karbon monoksida yang dihasilkan dari sebatang tembakau. Gas tersebut biasanya dihisap oleh perokok paling rendah yaitu sekitar 400 ppm (*part per million*) dan dapat meningkatkan kadar karboksihemoglobin darah sekitar 2-16%. Karbon monoksida merupakan komponen gas yang memiliki persentase paling besar dan dapat menyebabkan kematian dalam waktu singkat jika terjadi kelebihan dalam darah, karena daya ikat karbon monoksida lebih tinggi dibandingkan dengan oksigen (O₂). Akibatnya akan terjadi hipoksia dalam darah, tingkat sel serta tingkat jaringan sehingga akan mempengaruhi proses metabolisme tubuh termasuk metabolisme protein (Marmanik, 2021). Paparan udara yang mengandung gas karbon monoksida dapat mengakibatkan keracunan pada sistem saraf pusat dan jantung. Keracunan

ini terjadi jika paparan gas karbon monoksida melampaui batas yang dapat ditoleransi oleh tubuh, yaitu 350-520 ppm (Kurniawati, 2017).

Tabel 2. 3 Sifat Fisika Gas Karbon Monoksida (CO)

Sifat	Keterangan
Rumus molekul	CO
Wujud	Gas tidak berwarna dan tidak berbau
Berat Molekul	28,0101 g/mol
Titik Beku	-205°C
Titik Didih	-192°C
Densitas	0,798 g/cm ³ liquid 1,250 g/L pada 0°C, 1 atm, 1,145g/L pada 25°C, 1 atm
Kelarutan dalam air	0,0026 g/100 mL (20 °C)

Sumber: (Raharjo, dkk, 2018)

Karbon serta oksigen dapat bereaksi membentuk senyawa karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna dan karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran tidak sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa serta tidak berwarna pada temperatur udara normal. Konsentrasi CO di udara dinyatakan dalam satuan ppm atau *parts per million* (Kurniawati, 2017).

Baku mutu karbon monoksida di udara dapat dilihat pada Tabel 2.4 berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang terdapat pada Lampiran VII.

Tabel 2. 4 Baku Mutu Udara Ambien

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	
		Satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Satuan ppm (<i>part per millions</i>)
Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	10.000	409
Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150	6,13
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200	8,18
Oksidan fotokimia (O _x) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150	6,13
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 jam	160	6,55
PM ₁₀	24 jam	75	3,07
PM _{2,5}	24 jam	55	2,25
Timbal (Pb)	24 jam	2	0,08

Sumber: (Pemerintah Indonesia, 2021)

Karbon monoksida apabila terhirup masuk ke paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan tubuh, karena gas karbon monoksida bersifat sebagai racun metabolisme dan ikut bereaksi secara metabolisme dengan darah seperti halnya oksigen. Berikut Tabel 2.5 yang menunjukkan pengaruh konsentrasi CO di udara pada tubuh.

Tabel 2. 5 Pengaruh Gas Karbon Monoksida dalam Tubuh

Konsentrasi CO di udara (ppm)	Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Gangguan pada Tubuh
10	2	Tidak ada gejala
70	10	Aktivitas yang tidak nyaman
120	20	Sesak nafas dan sakit kepala
220	30	Kondisi badan lelah dan penglihatan meremang

Konsentrasi CO di udara (ppm)	Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Gangguan pada Tubuh
350-520	40-50	Sakit kepala, kolaps, keracunan bahkan kehilangan kesadaran
800-1220	60-70	Hilang kesadaran, gagal napas, bahkan hilangnya nyawa
1950	80	Fatal

Sumber: (Kurniawati, 2017)

2.2.5 Polietilen Glikol (PEG)

Bahan aditif adalah zat yang ditambahkan pada polimer untuk meningkatkan kemampuan pemrosesan serta mengubah kualitas dan sifat produk polimer. Bahan aditif berfungsi sebagai zat penstabil (*stabilizer*), zat pemlastis (*plasticizer*), zat pengisi (*filler*), dan zat-zat lain. Penambahan aditif dalam pembuatan membran dimaksudkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan kerjanya yaitu sifat mekanik dan kinerja membran yang optimal (Amiyati, 2016). Pada penelitian ini menggunakan bahan aditif polietilen glikol (PEG). Polietilen glikol memiliki nama kimia *a-Hydro-a-hydroxypoly(oxy-1,2-ethanediyl)* dengan rumus kimia $C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$ serta memiliki sinonim yaitu, *Carbowax*, *Lipoxol*, PEG, dan *polyoxyethylene glycol* (Marnawati, 2018).

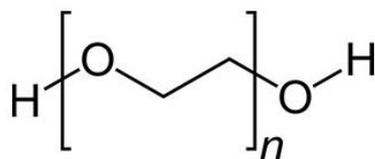
Polietilen glikol adalah molekul sederhana dengan struktur molekul linear atau bercabang yang tersedia dalam berbagai macam berat molekul mulai dari 200 sampai 300.000. Pemberian nomor menunjukkan berat molekul rata-rata dari masing-masing polimernya. PEG berbentuk cairan tidak berwarna dengan berat molekul rata-rata 200-600, PEG 1500 semi padat, PEG 3000-20000 atau lebih berupa padatan semi kristalin dan PEG dengan bobot molekul lebih besar dari 100000 berbentuk seperti resin pada suhu kamar (Husna, 2015). Polietilen Glikol 400 (PEG 400) merupakan polietilen glikol $H(O-CH_2-CH_2)_nOH$ dengan n antara 8,2 – 9,1. Berikut yaitu Tabel 2.6 yang menunjukkan karakteristik PEG 400.

Tabel 2. 6 Karakteristik Polietilen Glikol 400

Sifat	Keterangan
Nama Lain	<i>Carbowax, Carbowax Sentry, Lipoxol, Lutrol E, Phenol E</i>
Pemeriaan	Cairan kental jernih, tidak berwarna, bau khas lemah, agak higroskopik
Kelarutan	Larut dalam air, dalam etanol (95%) P, dalam aseton P, dalam glikol lain dan dalam hidrokarbon aromatik
Bobot Molekul	380 – 420
Kelembapan	Sangat hidroskopis turun dengan meningkatnya berat molekul
Titik Beku	4 - 8°C

Sumber: (Husna, 2015)

Polietilen glikol adalah polieter asiklik yang mengandung gugus alkohol (OH) pada kedua ujungnya. Struktur polietilen glikol dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut. Meskipun gugus OH bukan termasuk atom yang stabil akan tetapi gugus ini mampu membentuk ikatan koordinatan dengan ion logam dan menghasilkan senyawa kompleks yang stabil. Kumpulan OH memiliki fungsi ganda seperti molekul air karena dapat menstabilkan dengan saling berinteraksi yaitu dengan kation secara berkoordinatan dan dengan anion melalui ikatan hidrogen sehingga bersifat nukleofilik (Husna, 2015). Berikut Gambar 2.3 yang menunjukkan struktur senyawa polietilen glikol.



Gambar 2. 3 Struktur Senyawa Polietilen Glikol
(Sumber: Bellaninda, (2020))

PEG digunakan sebagai agen pembentuk pori membran. PEG larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti toluena, metil klorida, etanol, dan aseton

namun tidak larut dalam heksana dan hidrokarbon alifatik yang serupa, dietil eter serta etilen glikol (Amiyati, 2016).

2.2.6 Karakteristik Membran

Dalam memahami proses pemisahan dengan teknologi membran, akan ditentukan karakteristik membran yang hubungannya dengan sifat membran. Karakteristik membran dalam penelitian ini meliputi ketebalan, kuat tarik, elongasi, daya serap air, biodegradabilitas, analisis gugus fungsi, analisis morfologi, dan pengujian efektivitas membran. Salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran adalah ketebalan membran. Ketebalan membran ini dapat diukur dengan menggunakan jangka sorong digital maupun *micrometer sekrup*.

Gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah film hingga terputus dikenal sebagai kekuatan tarik. Uji kuat tarik merupakan pengujian terhadap sifat fisika yang melibatkan deformasi material di bawah tekanan tertentu. Uji kuat tarik ini perlu dilakukan untuk memastikan ketahanan membran terhadap gaya dari luar yang dapat merusak membran. Struktur membran yang rapat tentunya jarak antar molekul pada membran juga semakin rapat, sehingga kuat tarik yang dimiliki oleh membran juga semakin tinggi. Kuat tarik biasanya didukung oleh sifat keelastisan bahan (Julisman, 2022). Membran dapat lebih tahan terhadap kerusakan mekanis apabila membran memiliki nilai kuat tarik yang semakin besar. Membran selulosa asetat biasanya memiliki kuat tarik berkisar antara 30 Mpa. Ukuran serat penyusun membran selulosa asetat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tarik membran selulosa asetat. Nilai kuat tarik yang diperoleh akan meningkat apabila ukuran serat selulosa asetat semakin kecil (Tungkup, 2021). Uji kuat tarik membran dapat dilakukan dengan *Universal testing Machine*.

Elongasi merupakan persentase perubahan panjang akhir membran dibandingkan dengan panjang awalnya setelah diregangkan hingga membran tersebut putus. Apabila persentase elongasi membran lebih dari 50%, membran memiliki pemanjangan yang baik dan apabila persentasi elongasi membran kurang dari 10% maka membran memiliki pemanjangan yang buruk (Handayani dan

Nurzanah, 2018). Elongasi diperoleh dari perbandingan pertambahan panjang maksimum membran dengan panjang awalnya. Sifat fleksibilitas membran dan seberapa panjang membran dapat ditarik ditunjukkan oleh persentase elongasi membran. Penambahan PEG rata-rata menghasilkan elongasi membran sebesar 1-3%. Namun hasil ini masih belum memenuhi standar nilai elongasi membran yaitu 30-45% yang ditetapkan oleh ASTM atau *American Society for Testing and Material* (1996). Penambahan pemlastis pada membran akan mengisi pori-pori pada membran sehingga akan meningkatkan jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk. Meningkatnya jumlah ikatan hidrogen menyebabkan peningkatan elongasi membran semakin tinggi ikatan hidrogen maka elastisitas membran pun meningkat (Tungkup, 2021). Uji elongasi membran dapat dilakukan dengan *Universal testing Machine*. Berikut Gambar 2.4 yang menunjukkan instrumentasi *Universal Testing Machine*.



Gambar 2. 4 *Universal Testing Machine* di Laboratorium Teknologi Limbah, Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

Karakterisasi terhadap kemampuan penyerapan membran terhadap air juga perlu dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam membran serta keteraturan ikatan dalam membran atau secara singkat yaitu untuk mengetahui kemampuan membran dalam menyerap air. Ketika membran kontak dengan cairan maka akan terjadi pengembangan yang meningkatkan berat membran (Fanhur,

2017). Selain itu, uji biodegradabilitas juga perlu dilakukan untuk mengkarakterisasi membran dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan membran apakah dapat terdegradasi dengan baik oleh lingkungan. Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroorganisme (Fanhur, 2017).

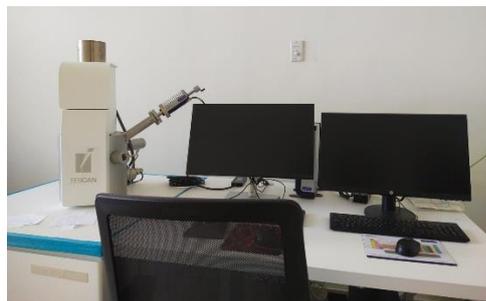
Analisis terhadap karakteristik membran dapat dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). FTIR adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan menggunakan radiasi elektromagnetik yang berada pada panjang gelombang 0,75 - 1000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 - 10 cm^{-1} . Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh masing-masing senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Azzahra, 2021). Berikut Gambar 2.5 yang menunjukkan instrumentasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).



Gambar 2. 5 *Fourier Transform Infra Red* di Laboratorium Rekayasa Proses, Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap.

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah jenis mikroskop elektron yang menggambar spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam scan pola raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga spesimen menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan spesimen, komposisi, dan karakteristik lainnya. Pengamatan

menggunakan SEM memiliki perbesaran 10 - 3000000× dengan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Pengamatan menggunakan SEM bertujuan untuk melihat struktur mikro permukaan material atau sebuah bahan serta mineral. Pengukuran dengan menggunakan SEM dapat menghasilkan data yang berkaitan dengan morfologi, topografi, fase, dan komposisi elemental bahan (Azzahra, 2021). Berikut Gambar 2.6 yang menunjukkan instrumentasi *Scanning Electron Microscope* (SEM).



Gambar 2. 6 *Scanning Electron Microscope* di Laboratorium Fisika Lingkungan, Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap.

Berikut Tabel 2.7 yang menunjukkan rangkuman referensi karakteristik parameter membran selulosa asetat dari berbagai sumber penelitian.

Tabel 2. 7 Referensi Parameter Karakteristik Membran Selulosa Asetat

No	Parameter	Nilai	Sumber Penelitian
1.	Ketebalan	1-3 mm	(Husni, dkk., 2018)
2.	Kuat Tarik	30 Mpa	(Husni, dkk., 2018)
3.	Elongasi	30-45%	(Husni, dkk., 2018)
4.	Daya Serap Air	115%	(Lusiana, dkk., 2019)
5.	Biodegradabilitas	100%	(Lusiana, dkk., 2019)
6.	Gugus Fungsi	Gugus O-H: 3250-3650 cm ⁻¹ Gugus C-H: 2850-2960 cm ⁻¹ Gugus C=O: 1650-1900 cm ⁻¹ Gugus -CH ₂ : 1300-1475 cm ⁻¹ Gugus C-C: 880-960 cm ⁻¹	(Tungkup, 2021)

No	Parameter	Nilai	Sumber Penelitian
7.	Morfologi	Mikrofiltrasi: 0,05-10 μm Ultrafiltrasi: 0,001-0,05 μm Nanofiltrasi: <2,0 nm Reverse Osmosis: <1,0 nm	(Tungkup, 2021)
8.	Efektivitas Membran	55,21%	(Gudmanto, 2022)

Membran selulosa asetat yang dibuat dari kulit pisang kepok tentunya dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya yaitu pada *air purifier*. *Air Purifier* merupakan salah satu jenis alat penjernih udara yang juga berfungsi untuk menyaring dan menjernihkan udara dari polutan asap rokok. Membran selulosa asetat dari kulit pisang kepok dapat menjadi salah satu alternatif membran yang dapat digunakan untuk filter pada *Air Purifier*.

2.3 Hipotesis

Adapun dugaan sementara yang muncul dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Ketebalan membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400 dengan ketebalan berkisar antara 1-3 mm.
2. Kuat tarik membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400 dengan kuat tarik sebesar 30 Mpa.
3. Elongasi membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400 dengan persentase elongasi berkisar antara 30-45%.
4. Daya serap air membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400.
5. Biodegradabilitas membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400.
6. Gugus fungsi membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400 yang memenuhi rentang bilangan gelombang gugus fungsi O-H, C-H, C=O, -CH₂, dan C-C.

7. Morfologi membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400 yang memiliki struktur permukaan yang halus dan berserat dengan ukuran pori berkisar antara 0,05 – 10 μm yang termasuk dalam membran mikrofiltrasi.
8. Efektivitas membran terbaik terdapat pada 8 mL variasi volume polietilen glikol 400.