

**KARAKTERISASI DAN OPTIMALISASI ASETON PADA
PEMBUATAN MEMBRAN POLIURETAN (PU) DENGAN
METODE INVERSI FASA**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

NURFAIZAH

NIM. 180704001

**Mahasiswa Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M / 1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**KARAKTERISASI DAN OPTIMALISASI ASETON PADA
PEMBUATAN MEMBRAN POLIURETAN (PU) DENGAN METODE
INVERSI FASA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Prodi Kimia

Oleh :

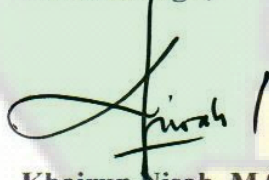
NURFAIZAH

NIM. 180704001

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Kimia**

Disetujui Oleh:

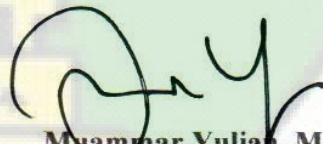
Pembimbing I,



Khairun Nisah, M.Si.

NIDN. 2016027902

Pembimbing II,

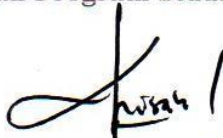


Muammar Yulian, M.Si.

NIDN. 2030118401

Mengetahui:

Ketuan Program Studi Kimia,



Khairun Nisah, M.Si.

NIDN. 2016027902

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

**KARAKTERISASI DAN OPTIMALISASI ASETON PADA
PEMBUATAN MEMBRAN POLIURETAN (PU) DENGAN METODE
INVERSI FASA**

SKRIPSI

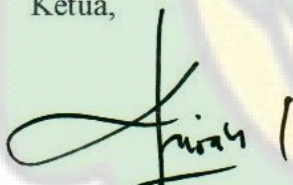
Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Prodi Kimia

Pada Hari/Tanggal: Senin/18 Juli 2022
19 Dzulhijjah 1443

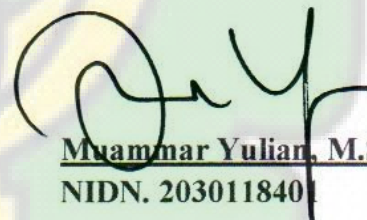
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,



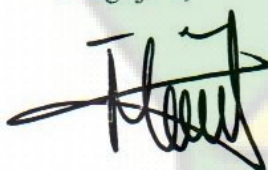
Khairun Nisah, M.Si.
NIDN. 2016027902



Muammar Yulian, M.Si.
NIDN. 2030118401

Penguji I,

Penguji II,

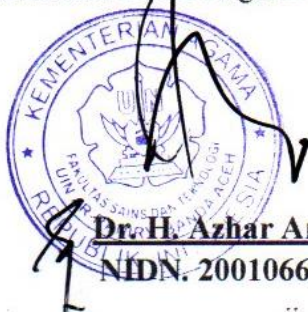
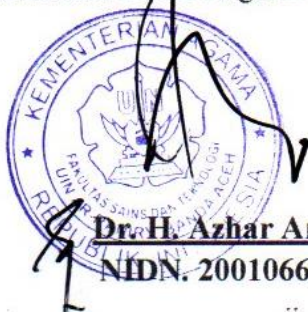


Muslem, M.Sc.
NIP. 199006062020121011



Bhayu Gita Bhernama, M.Si.
NIDN. 2023018901

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

Dr. H. Azhar Amsal, M.Pd.
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurfaizah

Nim : 180704001

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Karakterisasi dan Optimalisasi Aseton Pada Pembuatan Membran Poliuretan (PU) dengan Metode Inversi Fasa

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya dan telah ditemukan bukti yang dapat dipertanggung jawabkan dan memang benar adanya bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

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

Banda Aceh, 7 Juli 2022

Yang menyatakan,



(Nurfaizah)
Nim 180704001

ABSTRAK

Nama : Nurfaizah
NIM : 180704001
Program Studi : Kimia
Judul : Karakterisasi dan Optimalisasi Aseton Pada Pembuatan Membran Poliuretan (PU) dengan Metode Inversi Fasa
Tanggal Sidang : 18 Juli 2022
Tebal Skripsi : 70 Lembar
Pembimbing I : Khairu Nisah, M.Si
Pembimbing II : Muammar Yulian, M.Si
Kata Kunci : Membran, Poliuretan, Karagenan, Toluena diisosianat, Aseton

Membran adalah suatu lapisan tipis yang dapat menghasilkan pemisahan yang selektif antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan dan fasa permeat. Poliuretan merupakan polimer yang terbentuk dari reaksi antara senyawa diisosianat dengan gugus fungsi hidroksil. Karagenan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan membran poliuretan (PU) yang direaksikan dengan toluena diisosianata (TDI). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh aseton dan karakterisasi membran PU dari karagenan dengan kombinasi aseton 1 gram, 1,5 gram, 2 gram, 2,5 gram, dan 3 gram. Metode yang digunakan dalam pembuatan membran PU yaitu metode inversi fasa. Hasil karakterisasi membran PU dengan variasi aseton didapatkan hasil yang optimal adalah membran D yaitu dengan variasi aseton 2,5 gram. Karakterisasi uji swelling variasi aseton menghasilkan nilai yang paling optimal sebanyak 683 %. Karakterisasi ketahanan kimia variasi 2,5 gram yang optimal. Pada karakterisasi FTIR Hasil analisis gugus fungsi membran PU-aseton variasi 2,5 gram menunjukkan terdapat gugus O-H dan N=C=O. Pada karakterisasi termal membran PU-aseton variasi 2,5 gram menghasilkan wight loss 59%. Pada karakterisasi mekanik membran PU aseton variasi 2,5 gram memiliki nilai elongasi yang lebih tinggi dibandingkan membran PU-aseton lainnya. Pada karakterisasi SEM membran PU-aseton variasi 2,5 gram tidak memiliki pori-pori, homogen, dan membrannya berupa padatan (dense).

ABSTRACT

Name : Nurfaizah
NIM : 180704001
Study Program : Chemistry
Title : Characterization and Optimization of Acetone in the
Fabrication of Polyurethane (PU) Membranes with Phase
Inversion Method
Session Date : 18 July 2022
Thesis Thickness : 70 Sheets
Advisor I : Khairu Nisah, M.Si.
Advisor II : Muammar Yulian, M.Si.
Keywords : Membrane, Polyurethane, Carrageenan, Toluene
diisocyanate, Acetone

The membrane is a thin layer that can produce a selective separation between the two fluid phases, namely the feed phase and the permeate phase. Polyurethane is a polymer formed from the reaction between diisocyanate compounds and hydroxyl functional groups. Carrageenan can be used to manufacture polyurethane (PU) membranes, which are reacted with toluene diisocyanate (TDI). This study aims to determine the effect of acetone and PU membrane characterization on carrageenan with a combination of 1 gram, 1.5 grams, 2 grams, 2.5 grams, and 3 grams of acetone. The method used in the manufacture of PU membranes is the phase inversion method. The results of the characterization of PU membranes with variations in acetone obtained optimal results for membrane D, namely with variations of 2.5 grams of acetone. The characterization of the acetone variation swelling test produced the most optimal value of 683%. characterization of optimal chemical resistance of 2.5 grams. In FTIR characterization, the results of the functional group analysis of the 2.5 gram PU-acetone membrane showed that there were O-H and N=C=O groups. In the thermal characterization of the PU-acetone membrane, a variation of 2.5 grams resulted in a weight loss of 59%. On the mechanical characterization of the 2.5 gram acetone PU membrane, the 2.5 gram variation has a higher elongation value than other PU-acetone membranes. The 2.5-gram PU-acetone membrane has no pores, is homogeneous, and is dense, according to SEM characterization.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan Al-Quran sebagai hudan lin-nass (petujuk bagi seluruh manusia) dan rahmatan lil'alamiin (rahmat bagi segenap alam). Sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan tepat waktu. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabatnya dan seluruh umatnyayang selalu istiqamah. Dalam kesempatan ini penulis mengambil judul skripsi 1 *“Karakterisasi dan Optimalisasi Aseton Pada Pembuatan Membran Poliuretan (PU) Dengan Metode Inversi Fasa”*. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis juga mendapatkan pengetahuan dan tambahan wawasan, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta serta keluarga yang telah memberikan doa restu serta dukungan kepada penulis selama ini. Untuk itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Azhar Amsal, M.Pd., Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
2. Ibu Khairun Nisah, M.Si., selaku Ketua Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Khairun Nisah, M.Si., selaku Dosen Pembimbing pertama Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Muammar Yulian, M.Si., selaku Dosen Pembimbing kedua skripsi Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
5. Bapak Muslem, M.Sc., selaku Dosen Penguji pertama skripsi Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

6. Ibu Bhayu Gita Bhernama, M.Si., selaku Dosen Penguji kedua skripsi Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
7. Seluruh Ibu/Bapak Dosen di Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan angkatan 2018 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Semoga segala bantuan dan do'a yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini telah dibuat semaksimal mungkin dan semoga Skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Banda Aceh, 18 Juli 2022

Penulis,

Nurfaizah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Membran.....	4
2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Membran.....	4
2.1.2 Metode Pembuatan Membran.....	6
2.2 Karagenan.....	7
2.3 Aseton.....	8
2.4 Karakterisasi Membran.....	11
2.4.1 Pengujian Sifat Mekanik.....	11
2.4.2 Uji Swelling.....	12
2.4.3 Ketahanan Bahan Kimia.....	12
2.4.4 Scanning Electron Microscope (SEM)	12
2.4.5 Fourier Transform Infrared (FTIR).....	12
2.4.6 Thermal Gravimetry Anlysis.....	13
2.5 Penelitian yang Relevan	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat.....	15

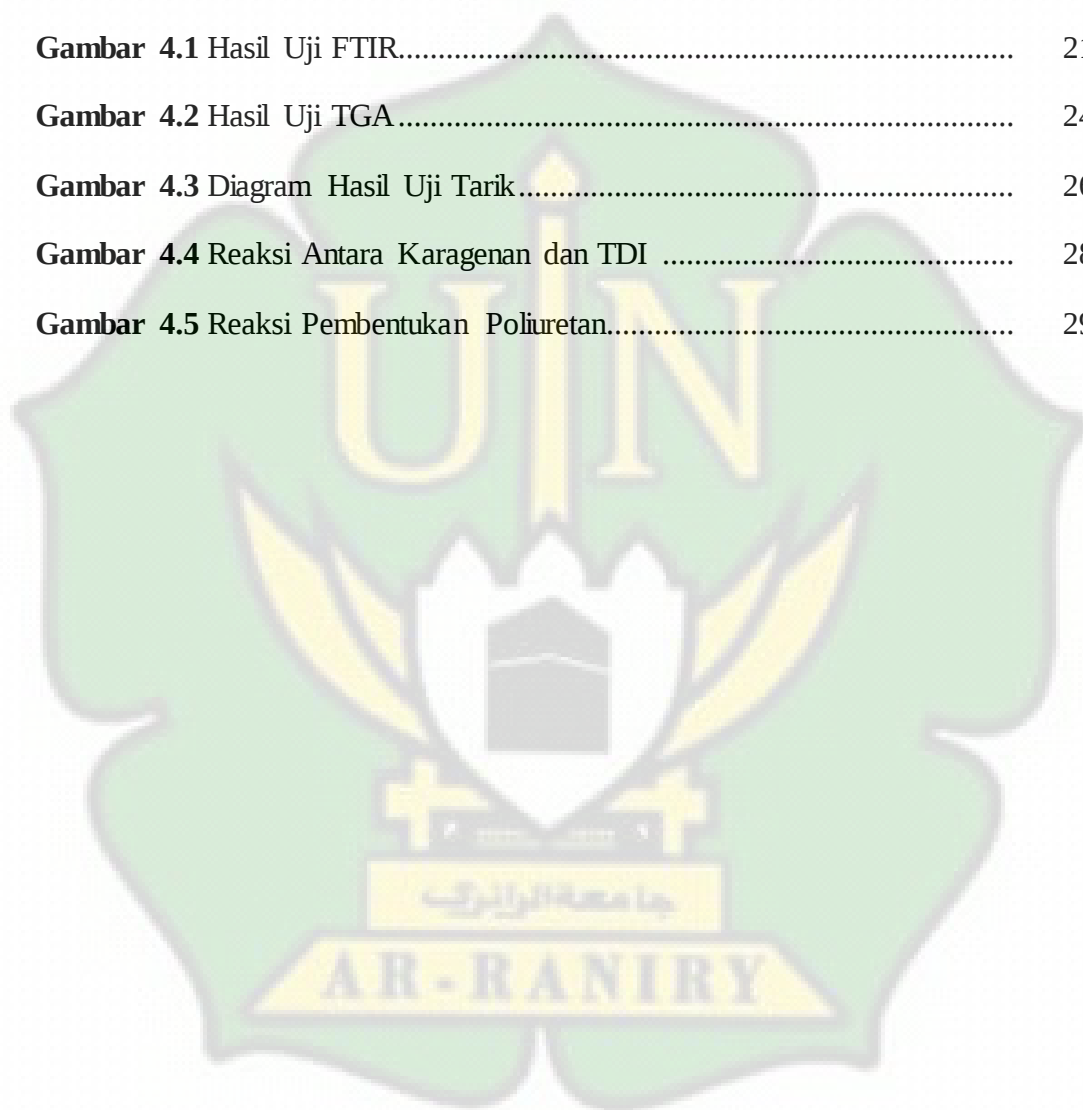
3.2	Prosedur kerja	15
3.2.1	Alat.....	15
3.2.2	Bahan.....	15
3.3	Cara Kerja.....	15
3.4	Karakteristik Membran Karagenan	16
3.4.1	Scanning Elektron Microscope (SEM)	16
3.4.2	Spektroskopi Inframerah (IR).....	16
3.4.3	Uji Swelling	16
3.4.4	Uji Ketahanan Kimia	16
3.4.5	Thermal Gravimetry Analysis (TGA).....	17
3.4.6	Analisis Kekuatan Mekanik (Uji Tarik).....	17
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	18
4.1	Hasil Penelitian	18
4.1.1	Hasil Pembuatan Membran	18
4.1.2	Hasil Karakterisasi Membran	20
4.1.2.1	Hasil Scanning Electron Microscope.....	20
4.1.2.2	Hasil Uji Spektroskopi Inframerah.....	22
4.1.2.3	Hasil Uji Swelling	23
4.1.2.4	Hasil Uji Ketahanan Kimia	24
4.1.2.5	Hasil Uji Thermal Gravimetry Analysis.....	25
4.1.2.6	Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik)	27
4.2	Pembahasan.....	28
4.2.1	Pembuatan Membran	30
4.2.2	Karakterisasi Membran Karagenan.....	31
4.2.2.1	Hasil Scanning Electron Microscope.....	31
4.2.2.2	Hasil Uji Spektroskopi Inframerah.....	32
4.2.2.3	Hasil Uji Swelling	32
4.2.2.4	Hasil Uji Ketahanan Bahan Kimia.....	33
4.2.2.5	Hasil Uji Thermal Gravimetry Analysis.....	34
4.2.2.5.1	Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik)	35
BAB V	PENUTUP.....	35
5.1	Kesimpulan.....	35

5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	40



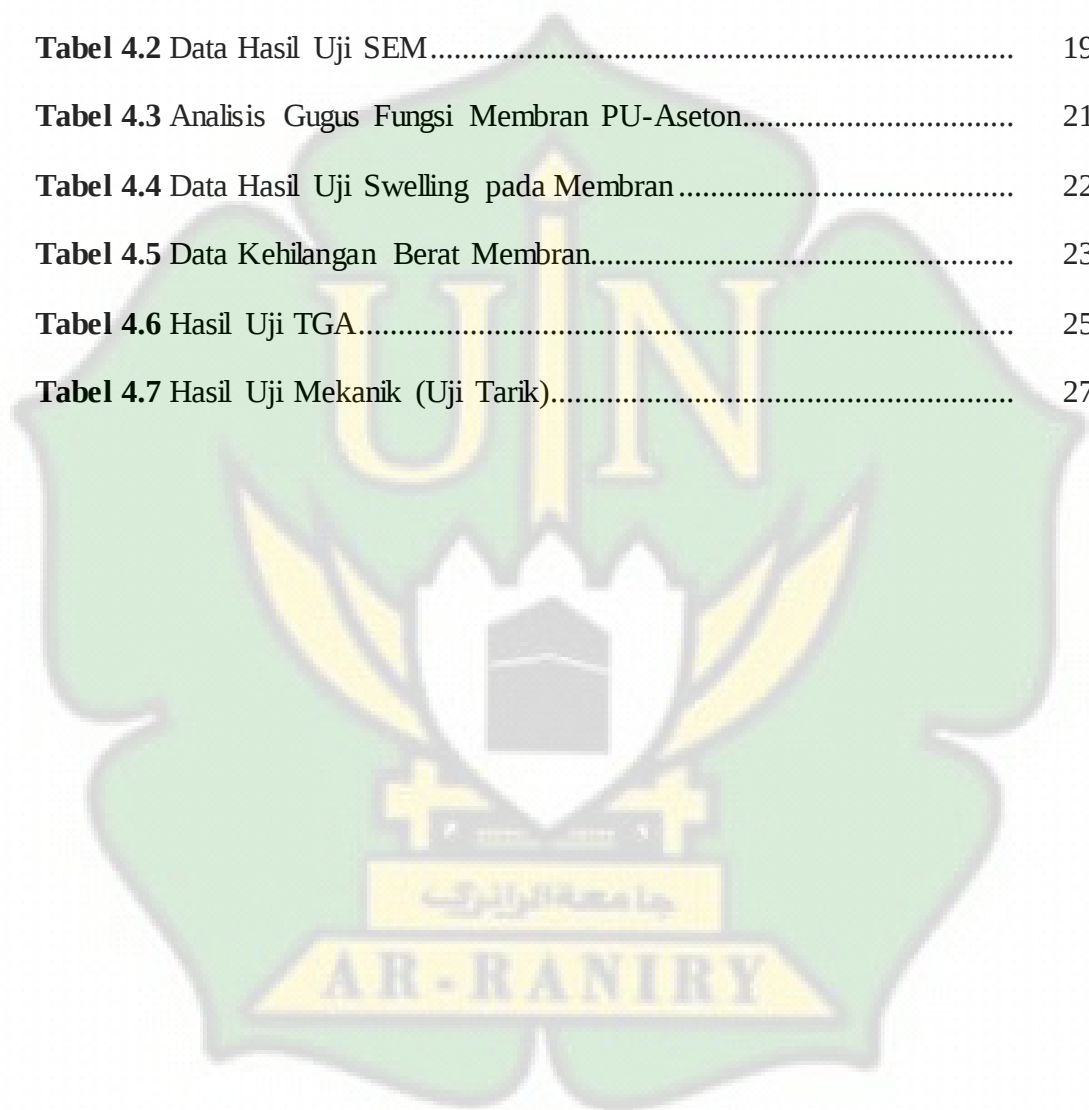
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karagenan.....	7
Gambar 2.2 Aseton.....	8
Gambar 2.3 Struktur Aseton.....	10
Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR.....	21
Gambar 4.2 Hasil Uji TGA.....	24
Gambar 4.3 Diagram Hasil Uji Tarik.....	26
Gambar 4.4 Reaksi Antara Karagenan dan TDI	28
Gambar 4.5 Reaksi Pembentukan Poliuretan.....	29



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika Aseton.....	11
Tabel 2.2 Pita Spektrum FTIR	11
Tabel 3.1 Variasi Karagenan dan Aseton	14
Tabel 4.1 Data Hasil Membran Variasi Karagenan dan Aseton	17
Tabel 4.2 Data Hasil Uji SEM.....	19
Tabel 4.3 Analisis Gugus Fungsi Membran PU-Aseton.....	21
Tabel 4.4 Data Hasil Uji Swelling pada Membran.....	22
Tabel 4.5 Data Kehilangan Berat Membran.....	23
Tabel 4.6 Hasil Uji TGA.....	25
Tabel 4.7 Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik).....	27



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Membran adalah suatu lapisan tipis yang dapat menghasilkan pemisahan yang selektif antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan dan fasa permeat (Elma, 2017). Proses pemisahan di dalam membran terjadi berdasarkan konsep filtrasi sederhana, itu dikarenakan adanya perbedaan ukuran partikel komponen yang akan dipisahkan dengan ukuran pori membran. Di samping itu, proses pemisahan juga terjadi karena perbedaan gaya dorong (*driving force*), diantaranya perbedaan tekanan, temperatur, potensial listrik, dan konsentrasi (Saracco and Specchia, 1994). Proses pemisahan di dalam membran telah meraih perhatian yang signifikan selama tiga dekade terakhir, dimana memiliki beberapa keunggulan, diantaranya konsumsi energi rendah, proses operasi yang sederhana, mudah dimodifikasi, tidak memerlukan area yang luas serta ramah lingkungan (Shannon, Bohn *et al.*, 2010).

Ada beberapa proses untuk membuat membran, diantaranya seperti proses *sintering*, *track-etching* dan proses inversi fasa. Sebagian besar membran bermaterial polimer digunakan untuk mikro dan ultrafiltrasi, larutan polimer dibuat dengan metode inversi fasa, dimana larutan polimer pekat dicetak dengan substrat yang sesuai dan direndam dalam bak non-pelarut untuk memperoleh pertukaran fasa antara pelarut dengan koagulan. Meskipun proses inversi fasa adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mempersiapkan berbagai jenis membran polimer, banyak aspek dalam proses yang tidak diklarifikasi dengan jelas, termasuk analisis lengkap pembentukan lapisan permukaan (*dense*) pada saat awal inversi fasa dan lapisan penyangga (*support*) yang membentuk membran asimetris. Namun, perlu diketahui bahwa membran asimetris tergantung pada dua faktor yang mendominasi, seperti parameter kinetik dan parameter termodinamika. Oleh karena itu, pemilihan bahan membran, seperti polimer, pelarut, non-pelarut, penting dalam pembuatan membran yang memiliki struktur dan sifat membran yang diinginkan (Choi, Jegal *et al.*, 2006).

Terdapat beberapa bahan polimer yang digunakan dalam fabrikasi membran, diantaranya *Polyvinyl Alcohol* (PVA); *Polyether Sulfone* (PES);

Polyvinylidene Fluoride (PVDF); *Polyvinyl Chloride* (PVC); *Polypropylene* (PP); *Polyacrylonitrile* (PAN); dan *Polyimide* (PI) (Zahid, Rashid *et al.*, 2018). Namun, semua bahan membran polimer ini memiliki kekurangan yaitu bersifat hidrofobik sehingga membutuhkan co-polimer untuk meningkatkan sifat hidrofiliknya. Menariknya, dalam beberapa tahun terakhir, fokus penelitian telah bergeser ke membran berbasis bio-polimer sebagai alternatif untuk memperoleh membran hidrofilik konvensional, salah satunya adalah karagenan.

Karagenan adalah senyawa hidrokoloid komersial dari rumput laut merah (*Rhodophyceae*) yang banyak digunakan dalam produk pangan dan industri. Kemampuannya dalam mengubah sifat fungsional produk yang diinginkan, sifat fungsional karagenan dalam produk pangan diantaranya adalah sebagai pencegah kristalisasi, pengemulsi, penstabil, pengental, pembentuk gel, koloid pelindung dan penggumpal, salah satu alga laut merah penghasil karagenan adalah *Eucheuma* sp (Chandra, 2001). Meningkatnya minat penelitian tentang karagenan tidak lepas dari sifat hidrofilisitasnya yang signifikan, kelarutan yang baik dalam pelarut, dan mudah dimodifikasi akibat struktur ioniknya yang dimiliki seperti gugus ester sulfat, hidroksil, dan sulfat, serta lebih lanjut memiliki sifat pembuatan film yang sangat baik, dimana karakteristik ini sangat berperan penting dalam pembuatan membran (Alam, Alhoshan *et al.*, 2019).

Selanjutnya, untuk menghasilkan larutan homogen dalam pembuatan membran, maka pelarut diperlukan untuk melarutkan polimer, dalam hal ini bio-polimer (karagenan). Banyak jenis pelarut yang dapat digunakan diantaranya adalah aseton. Menurut penelitian Widayanti (2013), pelarut aseton memiliki karakterisasi kinerja yang baik terhadap membran yaitu fluks dan rejeksi/selektivitas (Widayanti, 2013). Ada beberapa karakterisasi membran yang perlu dilakukan untuk mengetahui performa dari suatu membran. Adapun karakterisasi dari membran berbasis karagenan dengan pelarut aseton antara lain adalah pengujian kekuatan mekanik berupa uji tarik (*tensile strength*), uji *swelling*, ketahanan bahan kimia (*Thermal Gravimetry Analysis* atau TGA), *Scanning Elektron Microscope* (SEM), dan *Fourier-transform Infrared* (FTIR)

Dari uraian diatas diatas maka dilakukan penelitian tentang “Karakterisasi dan Optimalisasi Aseton pada Pembuatan Membran Poliuretan (PU) dengan Metode Inversi Fasa”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakterisasi membran PU berbasis karagenan dengan variasi pelarut aseton menggunakan metode inversi fasa?
2. Bagaimana optimalisasi pelarut aseton pada membran PU berbasis karagenan menggunakan metode inversi fasa?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mempelajari karakterisasi membran berbasis karagenan dengan variasi pelarut aseton.
2. Untuk mempelajari optimalisasi pelarut aseton pada membran karagenan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakterisasi membran berbasis karagenan dengan variasi pelarut aseton.
2. Untuk mengetahui optimalisasi pelarut aseton pada membran karagenan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Karagenan dan aseton diperoleh secara komersial.
2. Karakterisasi membran karagenan yang digunakan adalah:
 - a. *Fourier-transform Infrared* (FT-IR)
 - b. *Scanning elektron microscope* (SEM)
 - c. Analisis kekuatan mekanik (uji tarik)
 - d. ketahanan bahan kimia, dan
 - e. Analisis Termal Gravimetri (TGA)
 - f. serta Uji *swelling*.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Membran

Membran berasal dari bahasa Latin “membrana” artinya kulit kertas. Kata “membran” telah diperluas untuk menggambarkan suatu lembaran tipis fleksibel atau film, bertindak sebagai pemisah selektif antara dua fase karena bersifat semipermeabel (Wenten, 1999). Secara umum membran merupakan suatu alat pemisah yang berbentuk lapisan tipis semipermeabel. Membran tersebut berfungsi sebagai lapisan tipis yang bertindak menjadi pembatas antara fasa umpan (*up stream*) dan fasa permeat (*down stream*). *Retentate* yaitu bagian dari suatu campuran hasil pemisahan yang tidak melewati membran sedangkan *permeate* merupakan bagian dari campuran yang melewati membran.

Ada banyak cara untuk mengklasifikasikan pembuatan membran diantaranya berdasarkan: bahan dasar, struktur, konfigurasi, metode preparasi, dan proses pemisahan. Bahan dasar penyusun membran diantaranya dapat berupa material organik (polimer) dan anorganik (keramik/logam). Membran simetris memiliki ukuran dan kerapatan pori yang seragam sedangkan membran asimetris tersusun dari lapisan *dense* dan *support* (Fane, Wang *et al.*, 2011).

2.1.1 Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Membran

Menurut (Sri, 2011) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik membran yaitu:

1. Pemilihan Polimer

Pemilihan polimer merupakan faktor penting dalam pemilihan pelarut maupun non-pelarut, karena tiap polimer memiliki karakteristik yang berbeda sehingga jenis pelarut dan non pelarut akan sangat mempengaruhi. Pemilihan material untuk polimer merupakan indikator yang dapat mempengaruhi kinerja membran.

2. Jenis Pelarut dan Non pelarut

Struktur membran yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh sistem pemilihan non pelarut. Didalam proses inversi fasa salah satu pelarut yang umum digunakan adalah air. Berlangsungnya proses pencampuran dengan sempurna akan terjadi apabila komposisi semua bahan dalam pembuatan membran memiliki

kelarutan yang sama. Selain itu kandungan total juga mempengaruhi tingkat homogen dan kinerja membran. Seperti pada membran polimer, kelarutannya akan berkurang dengan meningkatnya berat molekul. Jika polimer dapat larut pada suatu pelarut yang sesuai, selanjutnya ditambahkan nonpelarut, yang akan menyebabkan polimer akan mengendap.

3. Komposisi Zat Pelarut

Membran yang dihasilkan dipengaruhi oleh komposisi zat pelarut yang digunakan. Daya kelarutan suatu polimer akan semakin baik apabila nilai parameter kelarutan antara polimer dan pelarut semakin dekat.

4. Komposisi Bak Koagulasi

Selain itu, ada parameter lain yang juga mempengaruhi jenis struktur membran yang dihasilkan yaitu penambahan zat pelarut ke dalam bak koagulasi.

5. Waktu Penguapan Larutan Membran (Dope)

Ketika proses pembentukan pori – pori berlangsung, lamanya waktu larutan dope yang diuapkan memiliki hubungan dengan nilai kuantitas dari pelarut yang meninggalkan film polimer. Pori yang sudah terbentuk dapat menyatu kembali disebabkan oleh menguapnya pelarut yang digunakan. Diameter pori yang terbentuk akan semakin sedikit seiring dengan lamanya waktu penguapan yang terjadi.

6. Penambahan Aditif

Fungsi penambahan zat aditif ini meliputi perlindungan terhadap pengaruh lingkungan seperti stabilitas termal dan zat kimia, memudahkan proses pemisahan, antioksidan, *antifouling*, penyerap radiasi UV, dan lain-lain.

Material yang digunakan untuk membran mempunyai sifat-sifat untuk proses pemisahan. Pemisahan melalui membran mempunyai mekanisme-mekanisme sendiri berdasarkan diameter pori yang digunakan. Pada operasi dengan temperatur dan tekanan tertentu, membran harus dapat berfungsi secara maksimal. Untuk itu, pemilihan material dilakukan dengan meninjau fungsi dari membran yang akan dibuat.

2.1.2 Metode Pembuatan Membran

Pemilihan metode untuk pembuatan membran tergantung pada jenis polimer yang digunakan dan juga struktur membran yang diharapkan. Metode-metode

yang paling umum digunakan pada preparasi membran berbasis polimer antara lain, *sintering*, *stretching*, *track -etching*, dan metode inversi fasa (Tasselli, 2015).

1. *Sintering*

Metode dalam mempersiapkan membran dari bubuk polimer berbahan organik seperti polietilen (PE) dan polipropilena (PP) atau bahan anorganik seperti *stainless steel*, oksida logam, grafit, atau kaca. Metode ini didasarkan pada kompresi partikel dari bahan yang dipilih dan pemanasan pada suhu di bawah titik leleh sehingga menyebabkan partikel menempel. Diantara partikel, pori-pori terbentuk dengan ukuran yang sangat tergantung pada ukuran partikel, yang mana semakin kecil ukuran partikel, maka semakin kecil ukuran pori. Membran yang disinter sangat cocok untuk aplikasi di kondisi yang keras karena resistensi yang besar dari bahan dasar secara kimiawi agresif lingkungan atau pada suhu tinggi.

2. *Stretching*

Metode *stretching* mempersiapkan membran berpori mulai dari padat yang diekstrusi film polimer semikristalin seperti PE, PP, dan PTFE. Pembentukan pori diperoleh dengan meregangkan film secara tegak lurus terhadap arah ekstrusi sampai berukuran kecil di struktur film padat. Ukuran pori yang terbentuk berada pada rentang 0,1–3 mm, yang mana membuatnya cocok untuk aplikasi mikrofiltrasi. Porositas dari membran dapat mencapai 90%.

3. *Track-etching*

Metode *track-etching* menghasilkan pori-pori yang seragam dengan geometri silinder pada membran. Prinsip tekniknya adalah iradiasi dari film padat polimer. Radiasi melintasi film tegak lurus ke permukaan dan merusak rantai polimer yang ditemui di sepanjang jalan. Treatmen kimia selanjutnya, biasanya dengan NaOH, menghilangkan bahan yang rusak menciptakan pori-pori silinder. Jumlah pori-pori dan ukurannya ditentukan oleh eksposur waktu untuk radiasi. Kelemahan dari teknik ini adalah porositas membran yang agak rendah, berkisar dari 5% menjadi 10%.

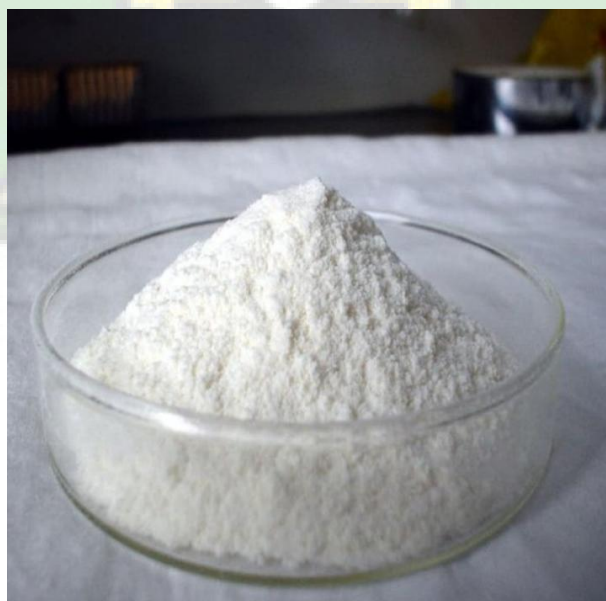
4. Inversi Fasa

Metode paling sering digunakan untuk semua macam pembuatan membran ialah inversi fasa. Namun hanya membran polimer yang dapat disiapkan, dengan syarat polimer tersebut harus larut dalam pelarutnya. Berdasarkan metode ini,

polimer yang dilarutkan dalam pelarut melewati keadaan cair ke keadaan padat di bawah kondisi yang dioptimalkan menyebabkan terbentuknya membran. Kontrol kondisi operasi sangat penting untuk mempersiapkan membran dengan morfologi yang diinginkan. Tingkat kelarutan pelarut dan kecepatan pemisahan fase adalah langkah paling penting yang terutama menentukan morfologi membran. Dengan teknik ini dimungkinkan untuk menyiapkan membran baik dalam bentuk *flat sheet* maupun *hollow fiber* dengan morfologi mulai dari ultra hingga mikro.

2.2. Karagenan

Karagenan juga merupakan polisakarida linier tersulfasi dari D-galaktosa dan 3, 6-anhidro-Dgalaktosa. Nama karagenan sendiri berasal dari spesies rumput laut yaitu *Chondrus crispus* yang dikenal sebagai Carrageen Moss atau Irish Moss di Inggris, dan Carragin di Irlandia (Prihastuti, Marline Abdassah, 2019). Karagenan dari kelasnya merupakan polisakarida galaktan yang terdapat sebagai bahan matriks antar sel dalam rumput laut merah. Karagenan memiliki fungsi sebagai struktur hidrofilik dan agar-agar yang fleksibel untuk mengakomodasi berbagai tekanan arus dan gerakan gelombang di dalam air. Karena sifatnya yang dapat terbiodegradasi, karagenan banyak digunakan sebagai pengatur viskositas, zat penstabil, zat pengental dan banyak lagi (Thakur, Thakur Manju Kumari, 2016).



Gambar 2.1 Karagenan (Dokumentasi Pribadi)

Karagenan memiliki enam kelas klarifikasi. Selain substituen utama sulfat, beberapa residu lain ditemukan dalam struktur karagenan, misalnya, xilosa, glukosa dan asam uronat, serta metil eter dan kelompok piruvat. Enam tipe karagenan tersebut diantaranya adalah Iota (τ -), Lambda (λ -), Kappa (k -), Theta (θ -), Nu (ν -), dan Mu (μ) – karagenan. Dalam bidang farmasi tipe karagenan yang penting adalah Iota (τ), Lambda (λ), Kappa (k). (Necas, Luis Bartosikova, 2013).

2.3. Aseton

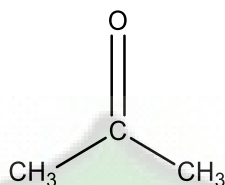
Aseton adalah sebuah keton yang paling sederhana, fungsinya sebagai pelarut polar dalam kebanyakan reaksi organik. Aseton dikenal juga sebagai dimetil keton, 2-propanon, atau propan-2-on. Aseton merupakan senyawa dengan cairan yang tidak berwarna dan mudah terbakar, digunakan untuk membuat plastik, serat, obat-obatan, dan sejenis senyawa kimia lainnya.



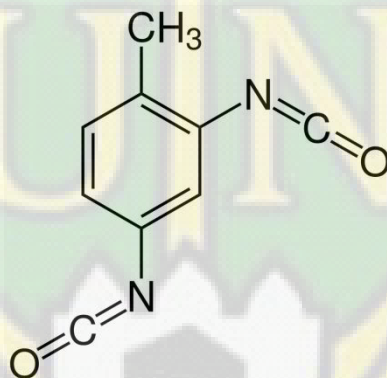
Gambar 2.2 Aseton (Dokumentasi Pribadi)

Aseton memiliki gugus karbonil yang mempunyai ikatan rangkap dua karbon-oksigen terdiri atas satu ikatan σ dan satu ikatan π . Umumnya atom hidrogen yang terikat pada atom karbon sangat stabil dan sangat sukar diputuskan. Namun lain halnya dengan atom hidrogen yang berada pada karbon (C) di samping gugus karbonil yang disebut atom hidrogen alfa (α). Sebagai akibat penarikan elektron oleh gugus karbonil, kerapatan elektron pada atom karbon α

semakin berkurang, maka ikatan karbon dan hidrogen α semakin melemah, sehingga hidrogen α menjadi bersifat asam dan dapat mengakibatkan terjadinya substitusi α . Substitusi α melibatkan penggantian atom H pada atom karbon α dengan elektrofilik (Wade, L.G, 2006).



Gambar 2.3 Struktur aseton (Wade, L.G, 2006)



Struktur Karagenan dan TDI

Adapun kegunaan aseton secara terinci adalah sebagai berikut (Kirk & Othmer, 1983):

- Aseton digunakan sebagai *reaction intermediate* untuk produksi komponen-komponen lain.
- Sebagai *direct solvent*, digunakan untuk industri *coating*, *thinner*, cairan pembersih, *acrylic*, *nitrocellulose*, industri cat dan pelarut polar di laboratorium.
- Aseton dapat digunakan untuk komponen-komponen antioksidan, herbisida, keton yang lebih tinggi, dan vitamin *intermediate*.
- Sebagai pelarut yang baik untuk pelapis, perekat, silinder asetilena.
- Sebagai pengencer, bahan pembersih, agen ekstraksi

2.4. Karakterisasi Membran

Pengujian karakteristik membran bertujuan untuk mengetahui performa yang baik dari suatu membran yang telah dipersiapkan. Hal utama yang menentukan karakteristik suatu membran adalah selektivitas dan permeabilitas yang ditentukan dari nilai fluks atau permeabilitas dan selektivitas berupa rejeksi membran. Sebagai tambahan, karakterisasi terhadap bahan penyusun membran juga dilakukan, hal ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia bahan tersebut, yang selanjutnya akan menentukan sifat dan kinerja membran.

2.4.1. Pengujian sifat mekanik

Beberapa polimer pada saat didinginkan dengan cepat dari keadaan leleh membentuk struktur yang tidak teratur, yang disebut dengan keadaan amorf, sebaliknya bila didinginkan perlahan-lahan dapat membentuk struktur kristal. Pada temperatur ruang polimer amorf mempunyai modulus yang tinggi, sedangkan kristal tidak. Pengujian ini berupa kuat tarik (*tensile strength*). Nilai kuat tarik (*tensile strength*) ditunjukkan pada persamaan (1) (Febriasari, Purnawan *et al.*, 2020)

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \quad (1)$$

Dimana σ adalah kuat tarik membran (MPa), F adalah muatan, and A_o adalah luas permukaan membran.

2.4.2. Uji swelling

Uji *Swelling* digunakan untuk mengetahui berapa kapasitas membran menyerap air atau menguji sifat hidrofilisitas. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan *swelling index* (SI) ditunjukkan pada persamaan (2).

$$SI = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana W_s adalah berat akhir *swelling* dan W_d adalah berat awal dari membran.

2.4.3. Ketahanan bahan kimia

Chemical Resitance atau ketahanan terhadap kimia merupakan pengujian untuk melihat dan menganalisa ketahanan suatu material terhadap bahan kimia. Pengujian chemical resistance menggunakan larutan basa dan larutan asam.

Besarnya nilai weight loss menandakan kemampuan serat tersebut dalam mempertahankan kondisi ikatan senyawanya (Pakaya et al., 2020).

2.4.4. Scanning Elektron Microscope (SEM)

Scanning Elektron Microscope (SEM) digunakan untuk analisa struktur permukaan dan penampang (*cross section*) dari membran. Analisis ini memberikan informasi kualitatif tentang ukuran pori dari membran, distribusi pori serta geometri pori secara keseluruhan.

2.4.5. Fourier-transform Infrared (FTIR)

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait gugus fungsi yang terdapat dalam suatu membran. Identifikasi setiap absorpsi ikatan yang khas dari setiap gugus fungsi merupakan basis dari interpretasi spektrum inframerah.

Berikut beberapa pita serapan yang terdapat pita spektrum FTIR (Marlina, 2017) :

Tabel 2.2 Pita Spektrum FTIR

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Jenis ikatan
3750-3000	Regang O-H, N-H
3000-2700	Regang $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{C}-\text{H}$, C-H aldehyd
2400-2100	Regang $-\text{C}=\text{C}$, $\text{C}=\text{N}$
1900-1650	Regang $\text{C}=\text{O}$ (asam, aldehyd, keton, amida, ester, anhidrida)
1675-1500	Regang $\text{C}=\text{C}$ (aromatik dan alifatik), $\text{C}=\text{N}$
1475-1300	C-H bending
1000-650	$\text{C}=\text{C}-\text{H}$, Ar-H bending

2.4.6. Thermal Gravimetry Analysis (TGA)

Thermal gravimetry analysis (TGA) merupakan analisis yang digunakan untuk mengukur perubahan berat sampel yang dipengaruhi oleh suhu. TGA adalah

teknik yang paling umum, simpel, dan cepat untuk analisis kinetika untuk proses devolatilisasi. Analisis kinetika telah menjadi topik yang menarik bagi banyak peneliti yang terlibat dalam bidang dekomposisi termal. Pemanasan dengan kecepatan rendah lebih disarankan, namun juga tergantung pada jenis bahan dan kecepatan reaksinya. Studi tentang stabilitas termal polimer sangat penting dalam desain produk polimer untuk mengetahui rentang suhu bahan tersebut agar dapat dipakai tanpa mengalami degradasi (Hesty dan Arum, 2016).

2.5. Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian telah dilakukan pada pembuatan membran berbasis karagenan. Nogueira (2016) telah melakukan penelitian terkait pembuatan membran berbasis karagenan yang dimodifikasikan dengan CaCO_3 sebagai matrik organik untuk meningkatkan sifat mekanik dan bio-aktivitas pada membran. Pada penelitian ini karagenan yang digunakan adalah karagenan kappa (κ) (type III; dari *Eucheuma cottonii*) and iota (ι) (type V; dari *E. cottonii*) yang mana dilarutkan dalam larutan CaCl_2 10 mmol.L⁻¹. Beberapa karakterisasi pada membran yang telah disiapkan yaitu X-ray *diffraction* (XRD), SEM untuk pengujian morfologi membran, dan *water contact angle* (WCA) untuk menguji tingkat hidrofilisitas membran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran berbasis karagenan modifikasi CaCO_3 menyerupai polimer yang dapat digunakan untuk membran bioaktif selulosa dan kolagen, karena sifatnya yang mudah larut dan terbaharukan (Nogueira, Maniglia *et al.*, 2016).

Pada 2017, Liew dkk melakukan penelitian terkait sintesis dan karakterisasi modifikasi k-karagenan (*O-methylene phosphonic κ -carrageenan* (OMPC)) sebagai bahan polimer alami untuk meningkatkan konduktivitas proton sebagai membran elektrolit polimer. Hasilnya menunjukkan bahwa k-karagenan murni mampu menghasilkan konduktivitas ionik namun rendah. Kemudian setelah melalui proses fosforilasi, membran modifikasi karagenan atau OMPC menunjukkan peningkatan konduktivitas membran, metode yang digunakan adalah metode inversi fasa yaitu metode *casting* larutan. Dan dalam hal ini pelarut yang digunakan adalah asam asetat dan aseton (Liew, Loh *et al.*, 2017).

Selanjutnya baru-baru ini, Alshahrani (2021) melaporkan penelitian tentang pengolahan logam berat dengan menggunakan *multi-walled carbon*

nanotubes (MwCnts) dikombinasikan dengan dua bio-polimer: kitosan dan i-karagenan (Alshahrani, Alharbi *et al.* 2021). Hasilnya menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan sifat mekanik, dan rejeksi logam berat yang tinggi, penghilangan logam berat Co dan Pb yang diperoleh adalah 94% dan 91%.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada 28 Februari 2022 hingga 15 Mei 2022. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Laboratorium Pusat Survei Geologi Institut Teknologi Bandung (ITB), Laboratorium Pengujian Teknik Kimia (Tekim) Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL), dan Laboratorium Perum Citra Sentul Raya Bogor.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *fourier transform infrared* (FTIR) menggunakan merek Perkinelmer Spectrum Two, *scanning elektron microscope* (SEM) menggunakan merek HITACHI TM300, *thermos gravimetric analysis* (TGA) menggunakan merek SHIMADZU, alat uji tarik menggunakan merek TESTOMETRIC tipe M250-2.5AT, pengujian *swelling*, matrik kaca untuk mencetak membran, peralatan kaca pada laboratorium, timbangan digital, *hot plate*, dan magnetik stirer.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Karagenan, aquadest, aseton, toluena disosianat (TDI).

3.3. Cara Kerja

Proses pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fasa dengan melarutkan karagenan ke dalam aseton dan TDI dengan variasi sesuai tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Variasi Karagenan dan Aseton (Arahman, Rosnelly *et al.*, 2021).

Karagenan (gram)	TDI (gram)	Aseton (gram)
1	1	1
1	1	1,5
1	1	2
1	1	2,5
1	1	3

Kemudian, larutan tersebut dilarutkan hingga homogen, larutan (*Dope*) dicetak diatas pelat kaca, cetakan membran dimasukkan ke dalam oven ± 2 hari pada 90°C. Membran diuji morfologinya dengan menggunakan SEM dan uji gugus fungsi menggunakan FTIR, serta pengujian lainnya seperti uji tarik, kekuatan bahan kimia, TGA dan kapasitas penyerapan air melalui uji *swelling*.

3.4. Karakterisasi Membran Karagenan

3.4.1 Scanning Elektron Microscope (SEM)

Struktur morfologi dilihat dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM), dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi Institut Teknologi Bandung (ITB) (Aprilia dan Amri Amin, 2011).

3.4.2 Spektroskopi Inframerah (IR)

Analisis gugus fungsi membran karagenan menggunakan *fourier transform infrared* (FTIR), dilakukan di Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh (Gunzler, 2002).

3.4.3 Uji Swelling

Uji *Swelling* digunakan untuk mengetahui berapa kapasitas membran menyerap air. Uji ini dilakukan dengan cara membran PU hasil sintesis dengan variasi aseton 1; 1,5; 2; 2,5; 3 ditimbang, kemudian didapatkan massa membran (W_d) lalu membran direndam dalam akuades selama 24 jam. Setelah direndam, ditimbang lalu diperoleh berat konstan didapatkan massa akhir membran (W_s) (Bokau, 2013).

$$\text{Uji Swelling} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

3.4.4 Uji Ketahanan Kimia

Ketahanan kimia diuji dengan cara merendam membran pada beberapa bahan kimia. Sampel membran PU dipotong melingkar dengan diameter 2,3 cm, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang sebagai berat awal (W_{t0}). Dimasukkan pada masing-masing larutan asam, garam dan basa. Ditutup dan disimpan selama 7 hari. Setelah 7 hari, sampel

diambil, dicuci menggunakan akuades, dikeringkan didalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang. (Nurman, Marlina dan Saiful, 2016).

$$\text{Ketahanan Kimia} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

3.4.5 Thermal Gravimetry Analysis (TGA)

Thermal gravimetry analysis (TGA) merupakan analisis yang digunakan untuk mengukur perubahan berat sampel yang dipengaruhi oleh suhu. Pada TGA menggunakan atmosfer inert (dialiri N₂) yang bertujuan agar sampel tidak mengalami oksidasi saat running atau terjadi reaksi yang lain. Sampel membran TGA digunakan untuk mengetahui stabilitas dan perilaku dekomposisi termal dengan laju pemanasan 5°C/menit sampai 20°C/menit. Membran fuel cell yang baik mampu beroperasi pada suhu >100°C. Analisis ini dilakukan di Labotorium Pengujian Teknik Kimia (Tekim) Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL (Enggita, 2015).

3.4.6. Analisis Kekuatan Mekanik (Uji Tarik)

Kekuatan mekanik membran PU diuji dengan alat uji tarik (Control computer series 10-100 KN). Analisis ini dilakukan di Laboratorium Perum Citra Sentul Raya Bogor. (Words, 1987).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Pembuatan Membran

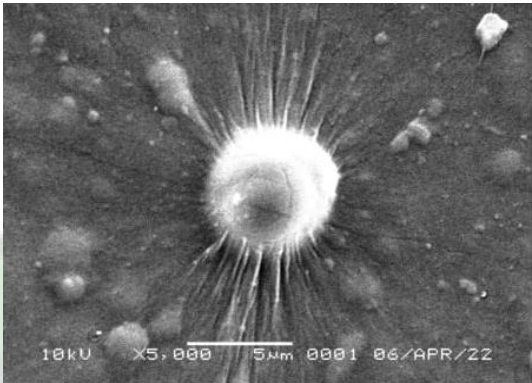
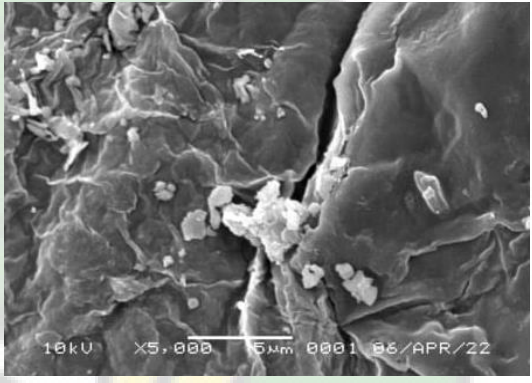
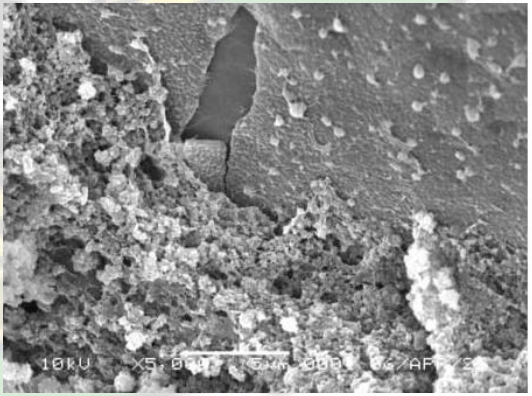
Tabel 4.1 Data hasil pembuatan membran variasi karagenan dan aseton

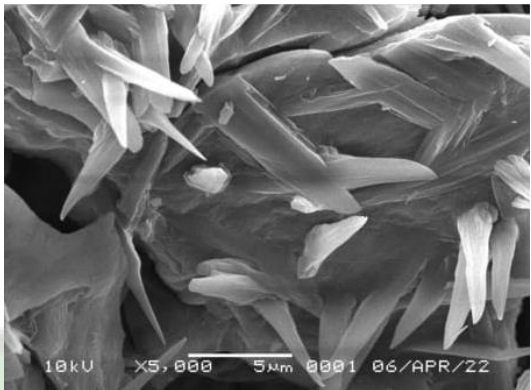
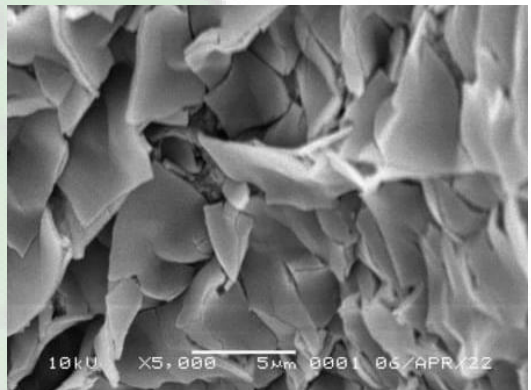
Membran	Komposisi			Hasil
	Karagenan (gram)	TDI (gram)	Aseton (gram)	
Membran A	1	1	1	
Membran B	1	1	1,5	

Membran C	1	1	2	
Membran D	1	1	2,5	
Membran E	1	1	3	

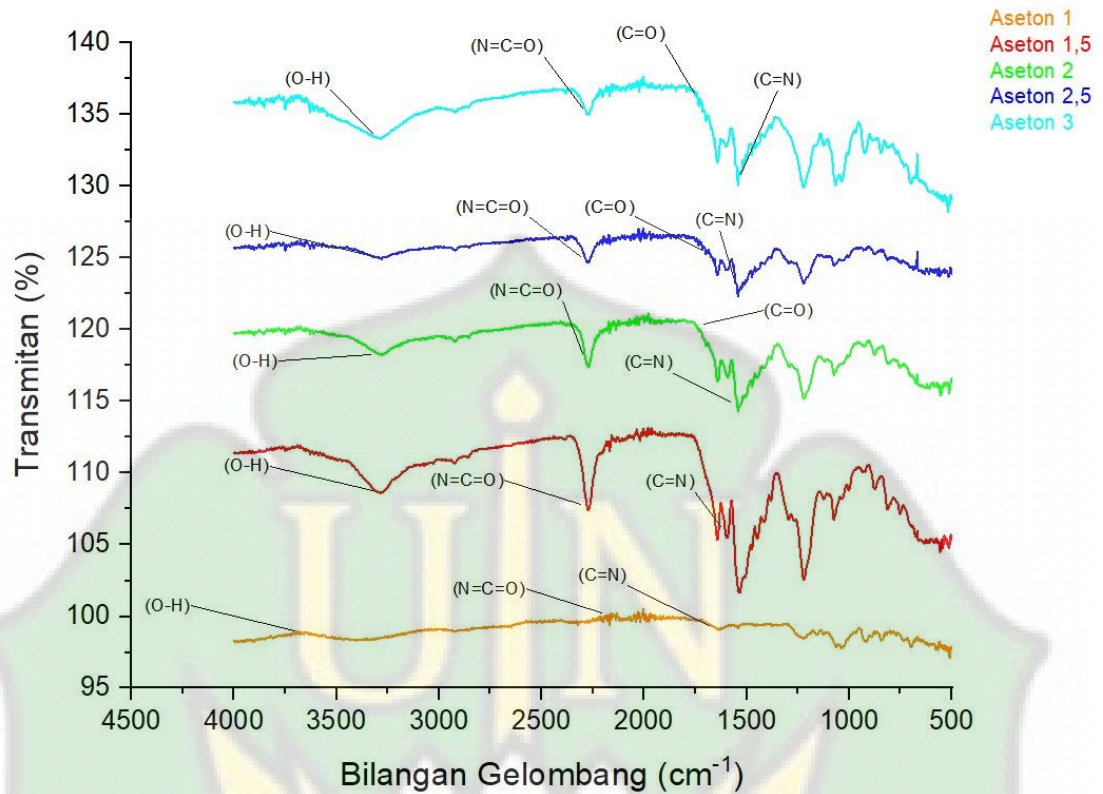
4.1.2. Hasil Karakterisasi Membran Karagenan

Tabel 4.2 Data hasil uji *scanning elektron microscope* (SEM)

Membran	Kode Komposisi	Hasil Scanning Electron Microscope (SEM) dengan Pembesaran 5000x
Membran A	447-SEM 5000x	 10kV X5,000 5µm 0001 06/APR/22
Membran B	448-SEM 5000x	 10kV X5,000 5µm 0001 06/APR/22
Membran C	449-SEM 5000x	 10kV X5,000 5µm 0001 06/APR/22

Membran D	450-SEM 5000x	
Membran E	451-SEM 5000x	

4.1.2.2. Hasil Uji Spektroskopi Inframerah (IR)



Gambar 4.1. Hasil uji FTIR

Tabel 4.3 Analisis gugus fungsi membran PU-Aseton

Membran	Bilangan gelombang (cm^{-1})	Transmitan (%)	Gugus fungsi
Membran A	3228,13	96,40%	O-H
	2270,85	96,89%	N=C=O
	1645,72	93,96%	C=N
Membran B	3285,10	95,03%	O-H
	2270,48	93,84%	N=C=O
	1643,46	91,77%	C=N
Membran C	3280,60	97,02%	O-H
	2269,65	96,19%	N=C=O
	1541,31	93,05%	C=N
	1750	98%	C=O

Membran D	3280	98%	O-H
	2250	97,5%	N=C=O
	1541,25	96,43%	C=N
	1620	97%	C=O
Membran E	3285,13	95,72%	O-H
	2250	97%	N=C=O
	1541,85	92%	C=N
	1642,72	94,05%	C=O

4.1.2.3. Hasil Uji Swelling

Data hasil uji *swelling* pada membran PU yang telah direndam menggunakan akuades dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Data hasil uji *swelling* pada membran PU

No	Membran	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Derajat Swelling (%)
1	Membran A	0,3470	3,2204	828,069164%
2	Membran B	0,3145	5,2051	1.555,03975%
3	Membran C	0,1708	3,3536	1.863,46604%
4	Membran D	0,2834	2,3920	744,0367%
5	Membran E	0,3798	5,3286	1.303,00158%

4.1.2.4. Hasil Uji Ketahanan Kimia

Tabel 4.5 Data kehilangan berat membran

No	Membran	Larutan	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (%)
1	Membran A	CH ₃ COOH	0,2437	0,6710	-172,78609%
2	Membran B	CH ₃ COOH	0,2202	0,5652	-156,67575%
3	Membran C	CH ₃ COOH	0,1818	0,1672	8,0308%
4	Membran D	CH ₃ COOH	0,1899	0,1923	-1,26382%
5	Membran E	CH ₃ COOH	0,3249	0,5509	-69,55986%
6	Membran A	NH ₄ OH	0,2343	0,4847	-106,87153
7	Membran B	NH ₄ OH	0,2125	0,3235	-52,23529%
8	Membran C	NH ₄ OH	0,1875	0,6514	-247,413%
9	Membran D	NH ₄ OH	0,1803	0,1856	-2,93955%
10	Membran E	NH ₄ OH	0,3409	0,6486	-90,26107%
11	Membran A	NaCl	0,2458	0,3737	-52,03417%
12	Membran B	NaCl	0,1510	0,2056	-36,15894%
13	Membran C	NaCl	0,1758	0,1862	-5,91581%
14	Membran D	NaCl	0,1894	0,1942	-2,53432%
15	Membran E	NaCl	0,2114	0,5626	-166,13056%

4.1.2.5. Hasil Uji Thermal Gravimetry Analysis (TGA)



Gambar 4.2 Hasil uji TGA

Tabel 4.6 Hasil uji TGA

Membran PU Variasi Aseton	Suhu (°C)	Kehilangan Berat	Total Kehilangan Berat	Residu
1	30.00 °C	2%	67,0 %	6,7
	194.74 °C	16%		
	242.59 °C *	19%		
	295.30 °C	20%		
1,5	30.00 °C	3%	62,04%	6,204
	186.01 C	18%		
	257.36 C *	18%		
	329.90 C	23%		
2	30.00 °C	3%	63,03%	6,303
	189.94 °C	17%		
	251.79 °C *	18%		
	316.88 °C	25%		
2,5	30.00 °C	3%	59,63%	5,963
	189.07 °C	16%		
	281.08 °C *	18%		
	340.60 °C	22%		
3	30.00 °C	3%	58.49%	5,849
	197.02 °C	16%		
	252.20 °C *	20%		
	312.87 °C	19,49%		

4.1.2.6. Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik)



Gambar 4.3. Diagram Hasil Uji Tarik

Tabel 4.7 hasil uji mekanik (uji tarik)

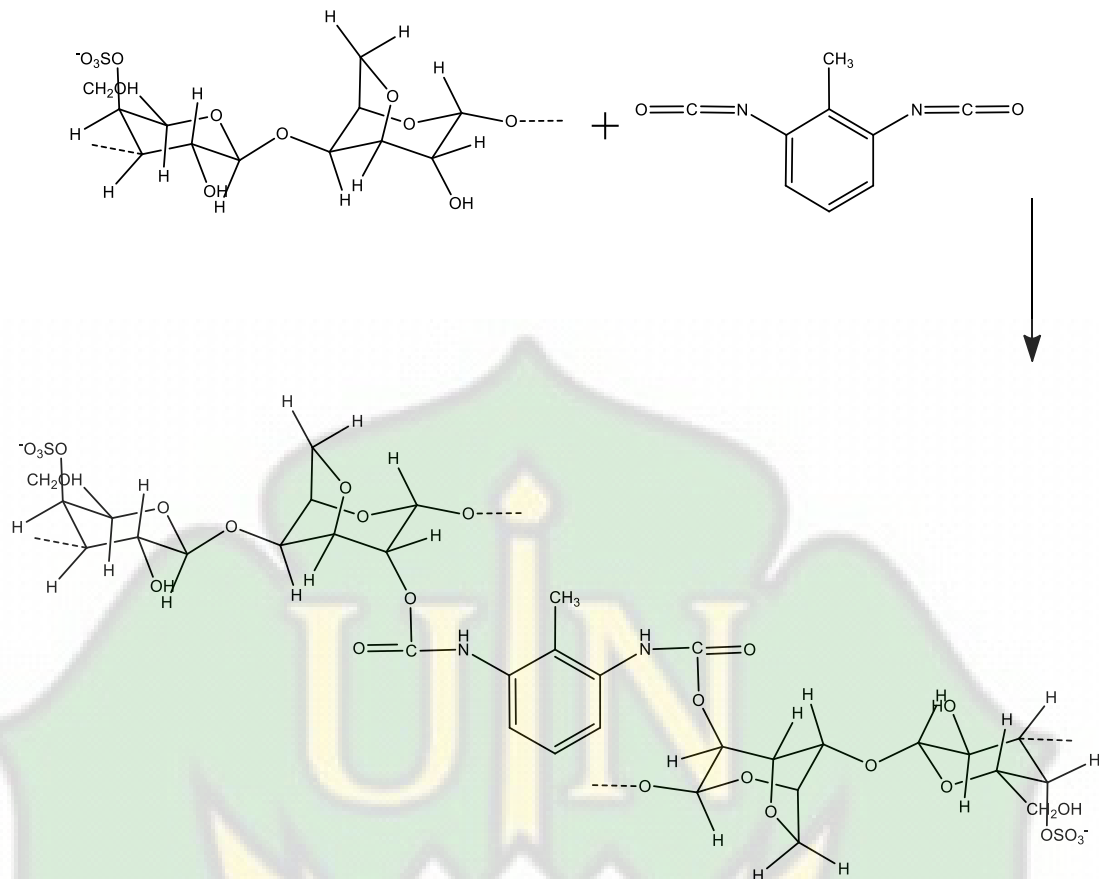
Membran PU Variasi Aseton	Modulus elastis	Kekuatan Tarik	Pemanjangan (%)
1 gram	1,97	0,26	4,67
1,5 gram	0,70	1,10	1,525
2 gram	0,677	0,014	1,0185
2,5 gram	0,678	0,061	0,150
3 gram	0,682	0,690	11,050

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pembuatan Membran

Larutan dope adalah larutan yang dibuat dari campuran bahan polimer, aditif dan pelarut sebagai bahan dasar pembentukan membran. Karakteristik dari larutan ini sangat ditentukan dari bahan-bahan yang digunakan, misalnya warna dan kekentalan .

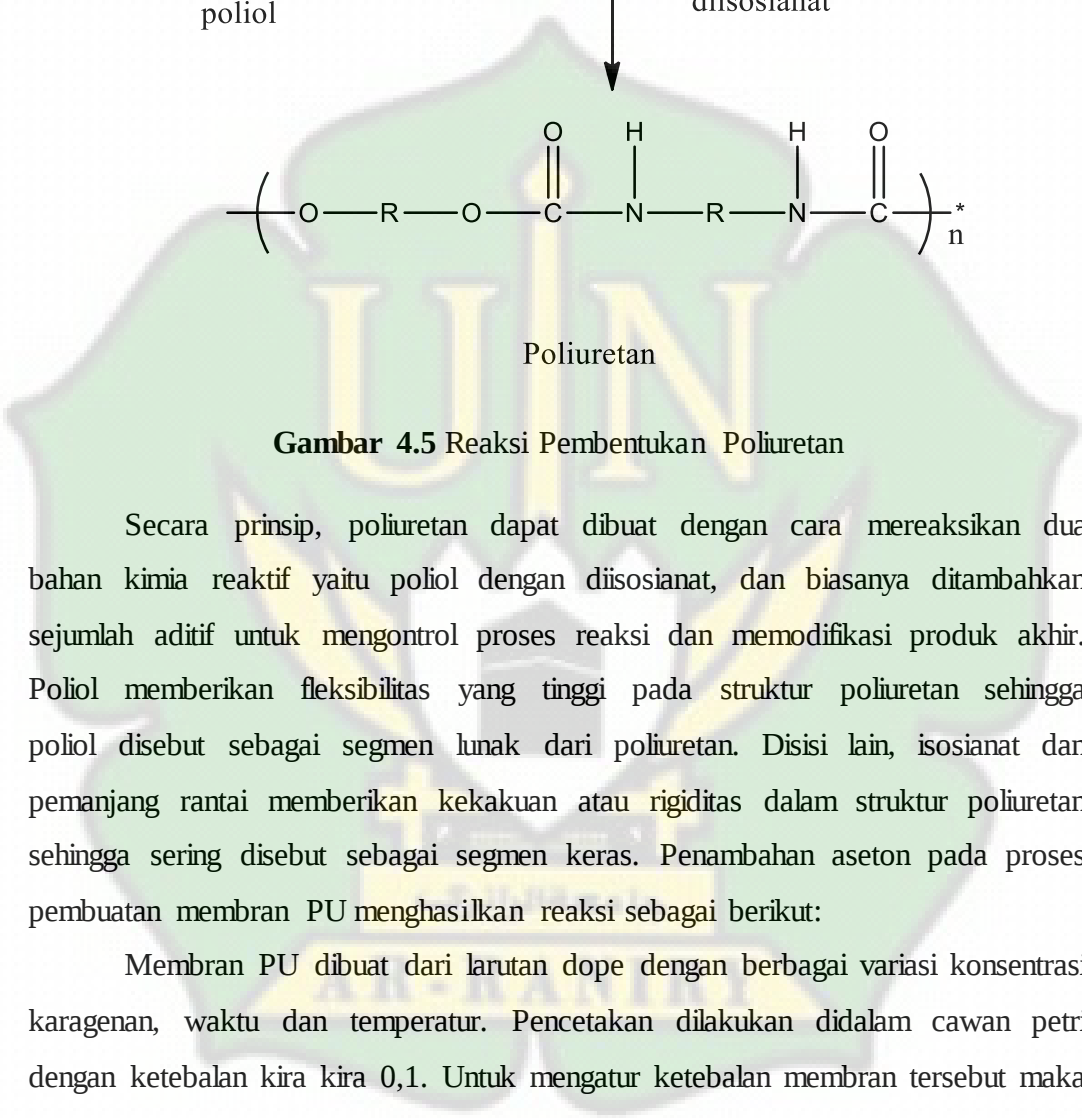
Pada penelitian ini larutan dope dibuat dari tepung karagenan sebagai bahan utama dalam pembuatan membran PU, yang kemudian ditambahkan dengan TDI yang berfungsi sebagai pereaksi atau reagen pembentuk membran poliuretan (PU) dan aseton sebagai pelarut dengan variasi seperti pada tabel 4.1. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa aseton yang dipakai dalam pembuatan larutan dope ini memiliki perbedaan interval 0,5 gram pada setiap pembuatan membrannya, yang nantinya akan mempengaruhi karakterisasi membran tersebut. semakin banyak konsentrasi karagenan yang diberikan maka semakin kental larutan dope yang dihasilkan. Hal ini dapat dipahami bahwa semakin banyak karagenan maka kesempatan pembentukan gugus uretan dari gugus gugus $-OH$ (karagenan) dengan $-NCO$ (TDI) akan semakin besar dan molekul PU yang dihasilkan semakin besar (Marlina et al., 2017).



Gambar 4.4 reaksi antara karagenan dan TDI (Marlina et al, 2017).

Lalu dilakukan pemanasan pada temperatur 90C. Temperatur dapat meningkatkan kecepatan reaksi antara karagenan dan TDI, hal ini dapat dilihat pada hasil penelitian yang menggunakan temperatur di atas 80C, pembentukan dope sangat cepat terjadi. Bila reaksi dibiarkan sampai 10 menit, maka larutan dope akan mengental dan berwarna hitam. Bila temperatur dinaikkan terus sampai 90C maka terbentuk larutan dope yang berbentuk gel, tetapi langsung terbentuk busa PU. Kenaikan temperatur kemungkinan menyebabkan gugus $-NCO$ menjadi lebih reaktif, sehingga sangat cepat membentuk ikatan silang dalam PU, yang menyebabkan udara terperangkap didalamnya sehingga membentuk busa.

Poliuretan merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi uretan ($-NHCOO$) dalam rantai utama polimer. Gugus fungsi uretan dihasilkan dari reaksi antara isosianat dengan senyawa yang mengandung gugus hidroksil (Neswati et al, 2007). Secara sederhana, reaksi pembentukan poliuretan dapat dituliskan sebagai berikut:



Gambar 4.5 Reaksi Pembentukan Poliuretan

Secara prinsip, poliuretan dapat dibuat dengan cara mereaksikan dua bahan kimia reaktif yaitu polioliol dengan diisosiyanat, dan biasanya ditambahkan sejumlah aditif untuk mengontrol proses reaksi dan memodifikasi produk akhir. Polioliol memberikan fleksibilitas yang tinggi pada struktur poliuretan sehingga polioliol disebut sebagai segmen lunak dari poliuretan. Disisi lain, isosiyanat dan pemanjangan rantai memberikan kekakuan atau rigiditas dalam struktur poliuretan sehingga sering disebut sebagai segmen keras. Penambahan aseton pada proses pembuatan membran PU menghasilkan reaksi sebagai berikut:

Membran PU dibuat dari larutan dope dengan berbagai variasi konsentrasi karagenan, waktu dan temperatur. Pencetakan dilakukan didalam cawan petri dengan ketebalan kira kira 0,1. Untuk mengatur ketebalan membran tersebut maka jumlah larutan dope yang digunakan harus berkisar 12 mL, dan akan menghasilkan membran dengan ukuran diameter 10 cm.

4.2.2. Karakterisasi membran

4.2.2.1. Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM)

Uji Scanning Electron Microscopy (SEM) bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dan struktur penampang membran. Analisis ini memberikan

informasi kualitatif tentang kisaran pori-pori membran, distribusi, dan geometri pori secara keseluruhan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Membran dipotong dan dikeringkan dalam *freeze dryer* selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air dalam membran (Efendi et al., 2019). Selanjutnya membran dilapisi dengan platina untuk menghasilkan konduktivitas listrik sebelum diamati dibawah vakum.

Struktur morfologi membran PU-Aseton (1 gram) didapatkan hasil berupa membran tidak terlalu padat, tidak terlalu homogen, dan masih terlihat sedikit pori-pori. Sedangkan membran PU-Aseton (1,5 gram) menghasilkan permukaan berupa membran tidak terlalu padat, sedikit homogen, dan masih terlihat sedikit pori-pori, tetapi sedikit lebih kecil dibanding membran PU-Aseton (1 gram). Struktur morfologi membran PU-Aseton (2 gram) merupakan membran sedikit padat, sedikit homogen, dan masih terlihat pori-pori. Struktur morfologi membran PU-Aseton (2,5 gram) dan membran PU-Aseton (3 gram) merupakan membran padat, homogen, dan tidak terlihat adanya pori-pori. Namun, jika dibandingkan antara membran D (Aseton 2,5 gram) dan membran E (aseton 3 gram), maka dapat dilihat perbedaan pori pada perbesaran pori 5000x, membran D lebih tidak terlihat pori porinya dibandingkan dengan membran E. Hal ini sesuai dengan penelitian (Marlina et al., 2017), Dari hasil analisis yang diperolehnya dapat disimpulkan bahwa polimer membran Pu dengan karagenan bersifat elastis karena memiliki temperatur transisi gelas, dan mempunyai kekuatan yang tinggi karena mempunyai titik leleh yang tinggi, sehingga membutuhkan energi yang besar untuk melepaskan ikatan ikatan yang ada dalam polimer tersebut.

4.2.2.2. Hasil Uji Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Membran PU karagenan dianalisis menggunakan instrumen spektroskopi inframerah (FTIR) dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada membran. Analisis ini perlu dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sintesis. Karakterisasi ini dilakukan pada semua membran PU karagenan yang diberi variasi aseton, untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi uretan pada setiap membran serta pengoptimalannya.

Hasil serapan gelombang masing-masing spektra FTIR pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa terdapat beberapa serapan baru dalam membran PU

karagenan. Serapan yang lebar pada bilangan gelombang 3300-3100 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus -OH dan pada pita serapan 2200-2300 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus N=CO , sesuai dengan hasil analisis gugus fungsi. Pada pita serapan 2000-600 yang muncul pada setiap spektra menunjukkan adanya gugus C=H . pada membran D dan E muncul gugus fungsi C=O yang muncul karena adanya pengaruh penambahan aseton masing-masing sebanyak 2,5 gram dan 3 gram. Hal ini sesuai dengan penelitian (Efendi et al., 2019), pada penelitiannya, karakterisasi membran menggunakan FTIR menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} dengan puncak tertentu 3.317,56 cm^{-1} , menunjukkan adanya vibrasi ulur ikatan O-H. pada penelitian (Marlina et al., 2017), Karakterisasi gugus fungsi dari membran PU menggunakan alat IR menunjukan bahwa serapan terhadap gugus -OH tampak pada bilangan gelombang 3100-3400 cm^{-1} , dan timbul gugus fungsi baru yaitu uretan pada bilangan gelombang 3500-3700 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa reaksi polimerisasi pembentukan membran PU dan TDI telah berlangsung dengan sempurna.

4.2.2.3. Hasil Uji *Swelling*

Uji *swelling* pada membran dilakukan untuk mengetahui berapa besar membran untuk menyerap air, dikarenakan air yang terdapat pada membran memiliki fungsi sebagai media yang mentransfer proton, akan tetapi apabila terlalu banyak air yang terdapat didalam membran, dapat menyebabkan membran menjadi rapuh (Fitrianingsih et al., 2013). Berdasarkan tabel 4.7. Hasil uji *swelling* pada penelitian membran PU-Karagenan ini, secara umum meningkatkan *swelling* terhadap air. Hal ini sesuai dengan penelitian (Fenny Muldiani & Widarti, 2017), kemampuan menyerap air yang lebih tinggi dapat disebabkan reaksi yang terjadi belum sempurna, sehingga jumlah gugus fungsi -OH bebas pada karagenan lebih banyak. Karena gugus -OH inilah yang berikatan hidrogen dengan molekul air, maka makin banyak -OH bebasnya, makin banyak air yang mampu diserap. Membran yang paling banyak menyerap air yaitu membran dengan variasi kandungan aseton 1,5, reaksi hidrolisisnya belum sempurna. Sedangkan membran dengan kandungan aseton 2,5, reaksi hidrolisisnya sudah sempurna, dikarenakan derajat *swelling* nya yang paling kecil diantara membran

lainnya. Dapat disimpulkan membran D yang paling bagus untuk hasil uji swelling.

4.2.2.4. Hasil Uji Ketahanan Bahan Kimia

Uji ketahanan kimia bertujuan untuk melihat ketahanan membran terhadap umpan dengan kondisi yang ekstrim (seperti asam, basa, garam, dan alkohol). Hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel 4.8. membran-membran yang direndam menggunakan larutan asam, basa dan garam, membran A yang memiliki nilai kehilangan berat (%) yang paling banyak ketika ditambahkan dengan asam, basa maupun garam. Hal ini sesuai dengan penelitian (Abdullah, 2003), bahwa perendaman menggunakan larutan natrium klorida, akan dihasilkan produk yang kental dengan kekuatan gel yang rendah. Membran D merupakan membran yang memiliki nilai kehilangan berat (%) paling sedikit ketika ditambahkan dengan asam, basa maupun garam. Hal ini sesuai dengan penelitian (Fathmawati et al., 2014), Karaginan merupakan golongan senyawa polisakarida galaktosa. Senyawa-senyawa polisakarida mudah terhidrolisis dalam larutan yang bersifat asam dan stabil dalam suasana basa.

4.2.2.5. Hasil Uji Termal (TGA)

Uji termal pada membran PU-karagenan dilakukan untuk mengetahui suhu degradasi akibat pengaruh panas yang diberikan. Temperatur transisi gelas ditentukan untuk melihat sifat ketahanan termal dari membran PU yang dihasilkan.

Hasil pengukuran terhadap membran PU dari karagenan dengan variasi aseton (1 gram) memiliki 2 tahapan degradasi, yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas (meningkatnya suhu) yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada suhu $242,59^{\circ}\text{C}$ dengan kehilangan berat $\pm 20\%$. Sedangkan pengurangan massa kedua ditunjukkan Degradasi membran terjadi pada suhu $194\text{-}295^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai ikatan PU sebesar $\pm 67\%$.

Hasil pengukuran terhadap membran PU dari karagenan dengan variasi aseton (1,5 gram) memiliki 2 tahapan degradasi, yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas (meningkatnya suhu) yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada suhu 257°C dengan kehilangan berat $\pm 20\%$. Sedangkan pengurangan massa kedua ditunjukkan Degradasi membran terjadi pada suhu $186\text{-}329^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai ikatan PU sebesar $\pm 62\%$.

Hasil pengukuran terhadap membran PU dari karagenan dengan variasi aseton (2 gram) memiliki 2 tahapan degradasi, yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas (meningkatnya suhu) yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada suhu 251°C dengan kehilangan berat $\pm 20\%$. Sedangkan pengurangan massa kedua ditunjukkan Degradasi membran terjadi pada suhu $189\text{-}316^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai ikatan PU sebesar $\pm 63\%$.

Hasil pengukuran terhadap membran PU dari karagenan dengan variasi aseton (2,5 gram) memiliki 2 tahapan degradasi, yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas (meningkatnya suhu) yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada suhu 281°C dengan kehilangan berat $\pm 20\%$. Sedangkan pengurangan massa kedua ditunjukkan Degradasi

membran terjadi pada suhu 189-340, terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai ikatan PU sebesar $\pm 59\%$.

Hasil pengukuran terhadap membran PU dari karagenan dengan variasi aseton (3 gram) memiliki 2 tahapan degradasi, yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas (meningkatnya suhu) yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada suhu 252°C dengan kehilangan berat $\pm 20\%$. Sedangkan pengurangan massa kedua ditunjukkan Degradasi membran terjadi pada suhu $197\text{-}312^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai ikatan PU sebesar $\pm 67\%$.

Membran yang paling lama mengalami degradasi dan membutuhkan energi panas (kenaikan suhu yang tinggi) atau yang paling optimal adalah membran D, dengan variasi aseton 2,5 gram, diperoleh suhu akhir habis bereaksi pada 340°C , namun hanya mengalami weigh loss hanya sebesar $\pm 59\%$ dibanding hasil Uji TGA membran yang lain.

4.2.2.6 Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik)

Kekuatan tarik diuji untuk menentukan sifat dari bahan polimer pembentuk membran. Hasil analisis data pengujian terhadap membran PU optimum dengan variasi aseton 3 gram didapatkan bahwa sifat membran yang dihasilkan bersifat sedikit elastis, di mana persen elongasinya hanya 4 % dan nilai regangan hingga 0,150 %. Membran D ini memiliki nilai elongasi yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan membran A, membran B, membran C, membran . membran A hanya memiliki nilai elongasi sebesar 1,87. Nilai elongasi membran B, sebesar 0,61. Nilai elongasi membran C, sebesar 1,140. Sedangkan membran D, memiliki nilai elongasi sebesar 11,050. Hal ini sesuai dengan penelitian (Fenny Muldiani & Widarti, 2017) Semakin tinggi konsentrasi, maka akan semakin tinggi nilai kekuatan tarik dari hidrogel karagenan. Namun semakin rendah nilai kekuatan tariknya maka semakin elastis hidrogel suatu karagenan. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa membran D ini dapat diaplikasikan pada proses selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Membran Poliuretan dari Karagenan dapat disintesis melalui metode inversi fasa. Dimana dalam proses pembuatannya terdapat perubahan fasa yaitu dari fasa cair ke fasa padat. Proses perubahan ini diawali dengan transisi fasa cair pembentukan membran dari satu fasa cair menjadi dua fasa cair (*liquid-liquid demixing*).
2. Berdasarkan hasil karakterisasi membran PU dengan variasi aseton didapatkan hasil yang paling optimal adalah membran D, dengan variasi aseton 2,5 gram.
3. Karakterisasi uji swelling membran PU menghasilkan nilai yang paling optimal pada membran D sebanyak 700,44%. Karakterisasi uji ketahanan kimia variasi 2,5 gram yang paling optimal. Pada karakterisasi FTIR hasil analisis gugus fungsi membran PU-aseton variasi 2,5 gram menunjukkan terdapat gugus O-H dan N=C=O dan adanya gugus baru C=O. Pada karakterisasi termal membran PU-aseton variasi 2,5 gram menghasilkan wight loss 59%. Pada karakterisasi mekanik membran PUaseton variasi 2,5 gram memiliki nilai elongasi yang lebih tinggi dibandingkan membran PU-aseton lainnya. Pada karakterisasi SEM membran PU-aseton variasi 2,5 gram tidak memiliki pori-pori, homogen, dan membrannya berupa padatan (dense).
4. Pengaruh aseton pada membran PU dari Karagenan melalui metode inversi fasa dapat meningkatkan kinerja dari sifat fisik membran PU

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang diberikan yaitu Karakterisasi pengujian membran XRD sebaiknya dilakukan untuk mengetahui ukuran NCO

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, J., et al. (2019). "k-Carrageenan—A versatile biopolymer for the preparation of a hydrophilic PVDF composite membrane." *European Polymer Journal* **120**: 109219.
- Ali, S. (2011). *Membrane and Desalination Technologies* (D. L. K.Wang, D. J. Paul Chen, D. Y. Tse Hung, & D. N. K.Shammas (eds.)).
- Ali, S., Shannon, M. A., W.Bohn, P., Elimelech, M., G. Georgiadis, J., J.Marinas, B., & M. Mayes, A. (2008). Reviews Science and Technology for Water Purification ini The Coming Decades. *Nature*, 452(20), 11. <https://doi.org/10.1038/nature06599>
- Aprilia Sri dan Amri Amin. (2011). *Sintesis dan Karakterisasi Membran untuk Proses Ultrafiltrasi*. Jurnal Unsyiah. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Arahman, N., Rosnelly, C. M., Yusni, Y., Fahrina, A., Silmina, S., Ambarita, A. C., Bilad, M. R., Gunawan, P., Rajabzadeh, S., Takagi, R., Matsuyama, H., & Aziz, M. (2021). Ultrafiltration of α -Lactalbumin Protein: Acquaintance of the Filtration Performance by Membrane Structure and Surface Alteration. *Polymers*, 13, 13.
- Chandra, M. (2001). *Pemanfaatan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Untuk Memproduksi Karagenan*, IPB (Bogor Agricultural University).
- Choi, J.-H., et al. (2006). "Fabrication and characterization of multi-walled carbon nanotubes/polymer blend membranes." *Journal of Membrane Science* **284**(1-2): 406-415.
- Elma, M. (2017). *Proses Pemisahan Menggunakan Teknologi Membran*, Lambung Mangkurat University Press.
- Efendi, J., Aprilia, S., & M.Djuned, F. (2019). Persiapan dan Karakterisasi Tambahan Fly Ash Membran Berbasis PES yang Dimodifikasi. *Jurnal*

Teknik Kimia Dan Lingkungan, xx, 1–7.

Enggita, Asadian Puja. (2015). *Pengaruh komposisi terhadap perilaku Membran komposit pva/kitosan/grafin oksida Yang terikat silang trisodium sitrat*. Surabaya: Institut Sepuluh November.

Fane, A. T., et al. (2011). *Membrane technology: past, present and future. Membrane and Desalination Technologies*, Springer: 1-45.

Fathmawati, D., Pratham Abidin, M. R., & Roesyadi, A. (2014). Studi Kinetika Pembentukan Karaginan dari Rumput Laut. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1), 1–6.

Febriasari, A., Purnawan, I., Chalid, M., Ismojo, I., & Kartohardjono, S. (2020). A Direct Comparison Between Poly (vinylidene) Flouride and Polysulfone Flat Sheet Membrane ; Characterization and Mechanical Strength. *Earth and Environmental Science*, 422, 11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/442/1/012002>

Fenny Muldiani, R., & Widarti, S. (2017). Optimasi Sifat Fisik Kekuatan Tarik dan Swelling Ability Hidrogel Crosslinked Karaginan dari Rumput Laut. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 208–215.

Fitrianingsih, E., Yusmaniar, & Afrizal. (2013). Pengaruh Penambahan Silika terhadap Membran Sulfonasi Polieter Eter Keton – Akrilonitrilbutadiena Stirena. *Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*, 3(1), 251–256.

Gunzel, H., John, W., & Sons, W. (2002). *IR Spectroscopy : An Introduction*, 4(6): 283-286.

Marlina. (2010). Sintesis membran Poliuretan dari Karagenan dan 2 , 4 Toylulene diisositrat. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 7(3), 138–148.

Marlina, Saiful, Mustanir, Saleha S., Rahmi F., Murniana & Khairan. (2017). *Sintesis Membran Poliuretan Berbasis Bahan Alam*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.

Neswati, Novizar, Arif, S., & Yusniawati. (2007). *Synthesis, Characterization and Modification of Flexible Polyurethane Foams Using Raw Materials from Biopolyols based on Palm Oil and Other Vegetable Oils*. 9(2), 66–82.

Nogueira, L. F. B., Maniglia, B. C., Pereira, L. S., Tapia-blácido, D. R., & Ramos, A. P. (2016). Formation of carrageenan-CaCO₃ bioactive membranes. *Materials Science and Engineering C*, 58, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.021>

Pakaya, F., Huwae, J. C., Nantan, Y., Putri, E. T., Putri, A., & Soeharso, B. L. (2020). Karakterisasi Sifat Mekanik Komposit Termoset Poliester Tak Jenuh Berpenguat Serat Alam Sebagai Kandidat Material Lambung Kapal Perikanan. *Jurnal Bluefin Fisheries*, 2(1), 37–48.

Saracco, G. and V. Specchia (1994). "Catalytic inorganic-membrane reactors: present experience and future opportunities." *Catalysis Reviews—Science and Engineering* 36(2): 305-384.

Sri, R. (2011). *Proses desalinasi dengan membran*, UPN" VETERAN" Jawa Timur Press.

Tasselli, F. (2015). Membrane Preparation Techniques. *Encyclopedia of Membranes*. E. Drioli and L. Giorno. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg: 1-3.

Wei, J., Liew, Y., Loh, K. S., Ahmad, A., Lim, K. L., & Wan Daud, W. R. (2017). Synthesis and characterization of modified κ -carrageenan for enhanced proton conductivity as polymer electrolyte membrane. *Plos One*, 1–15.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185313.g001> PLOSONE

Wenten, I. G. (1999). "Teknologi Membran Industrial." *Not published*.

Widayanti, N. (2013). "Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Komposisi Pelarut Aseton dan Asam Format."

Zahid, M., Rashid, A., Akram, S., Ahmad Rehan, Z., & Razzaq, W. (2018). A Comprehensive Review on Polymeric Nano-Composite Membranes for Water Treatment. *Journal of Membrane Science and Technology*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.4172/2155-9589.1000179>



Lampiran

Lampiran 1. Contoh Perhitungan

Uji Swelling

$$\begin{aligned}\text{Uji Swelling Membran A} &= \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{3,2204 - 0,3470}{0,3470} \times 100\% \\ &= 828,0691\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Uji Swelling Membran B} &= \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5,2051 - 0,3145}{0,3145} \times 100\% \\ &= 1.555,03975\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Uji Swelling Membran C} &= \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{3,3536 - 0,1708}{0,1708} \times 100\% \\ &= 1.863,46604\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Uji Swelling Membran D} &= \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{2,3920 - 0,2834}{0,2834} \times 100\% \\ &= 744,0367\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Uji Swelling Membran E} &= \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5,3286 - 0,3798}{0,3798} \times 100\% \\ &= 1.303,00158\%\end{aligned}$$

Uji Ketahanan Bahan Kimia

$$\begin{aligned}
 \text{Membran A } \text{CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2437 - 0,6710}{0,2437} \times 100\% \\
 &= -172,78609\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran B } \text{CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2202 - 0,5652}{0,2202} \times 100\% \\
 &= -156,67575\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran C } \text{CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1818 - 0,1672}{0,1818} \times 100\% \\
 &= 8,0308\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran D } \text{CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1899 - 0,1923}{0,1899} \times 100\% \\
 &= -1,26382\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran E } \text{CH}_3\text{COOH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3249 - 0,5509}{0,3249} \times 100\% \\
 &= -69,55986\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran A } \text{NH}_4\text{OH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2343 - 0,4847}{0,2343} \times 100\% \\
 &= -106,87153
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran B NH}_4\text{OH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2125 - 0,3235}{0,2125} \times 100\% \\
 &= -52,23529\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran C NH}_4\text{OH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1875 - 0,6514}{0,1875} \times 100\% \\
 &= -247,413\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran D NH}_4\text{OH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1803 - 0,1856}{0,1803} \times 100\% \\
 &= -2,93955\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran E NH}_4\text{OH} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3409 - 0,6486}{0,3409} \times 100\% \\
 &= -90,26107\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran A NaCl} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2458 - 0,3737}{0,2458} \times 100\% \\
 &= -52,03417\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran B NaCl} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1510 - 0,2056}{0,1510} \times 100\% \\
 &= -36,15894\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Membran C NaCl} &= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,1758 - 0,1862}{0,1758} \times 100\%$$

$$= -5,91581\%$$

$$\text{Membran D NaCl} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

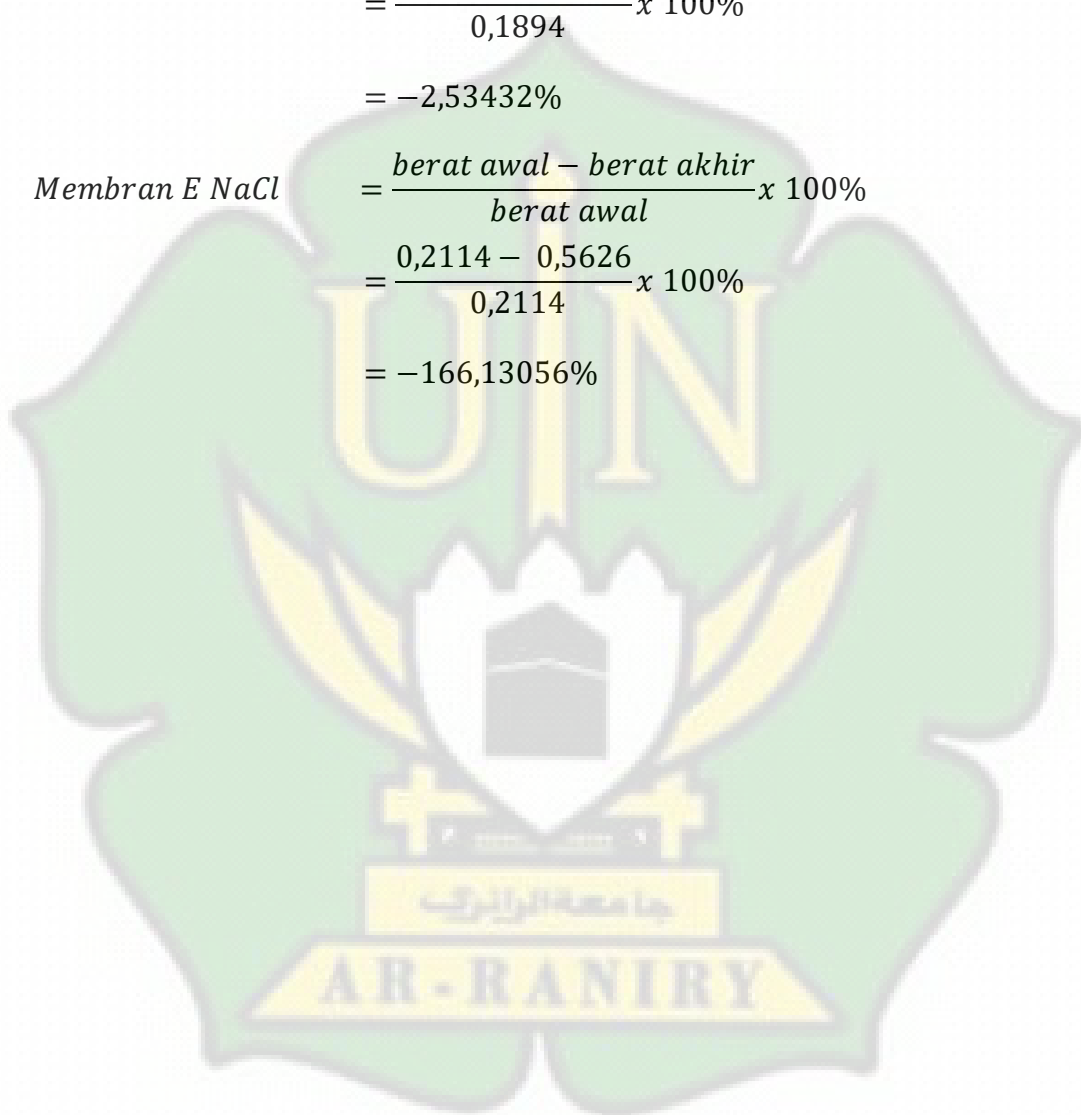
$$= \frac{0,1894 - 0,1942}{0,1894} \times 100\%$$

$$= -2,53432\%$$

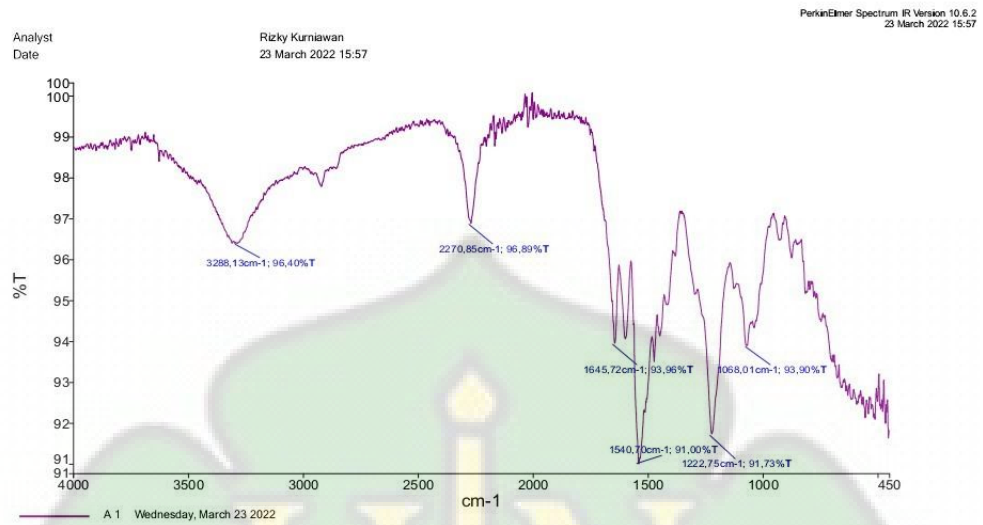
$$\text{Membran E NaCl} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2114 - 0,5626}{0,2114} \times 100\%$$

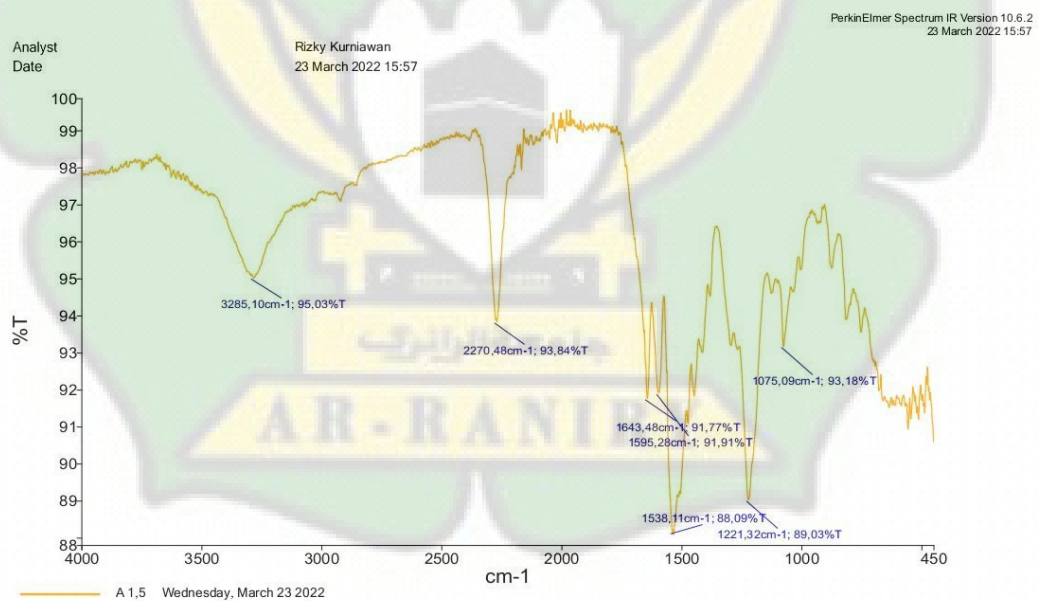
$$= -166,13056\%$$



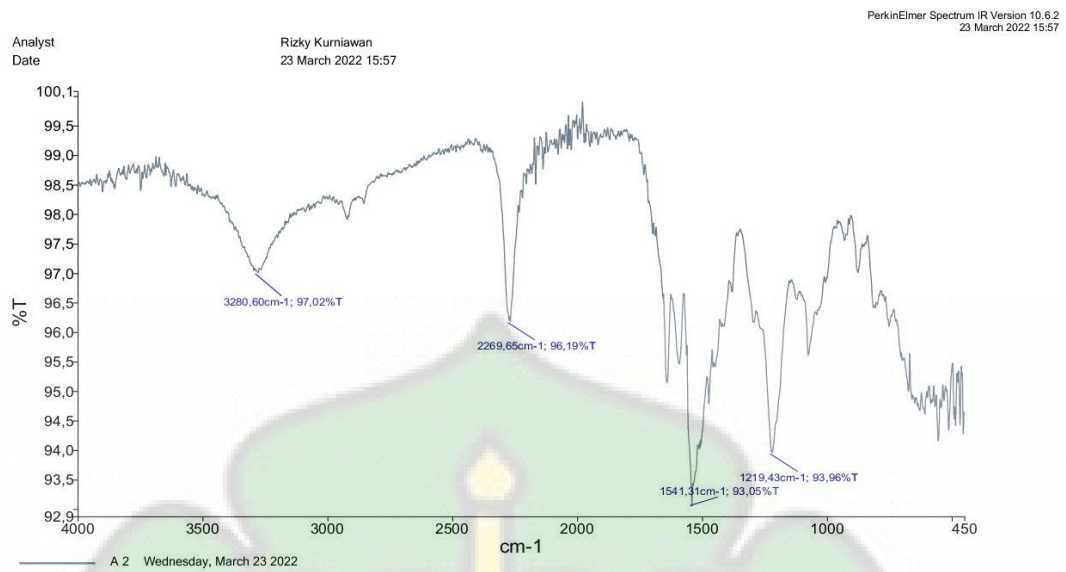
Lampiran 2. Grafik



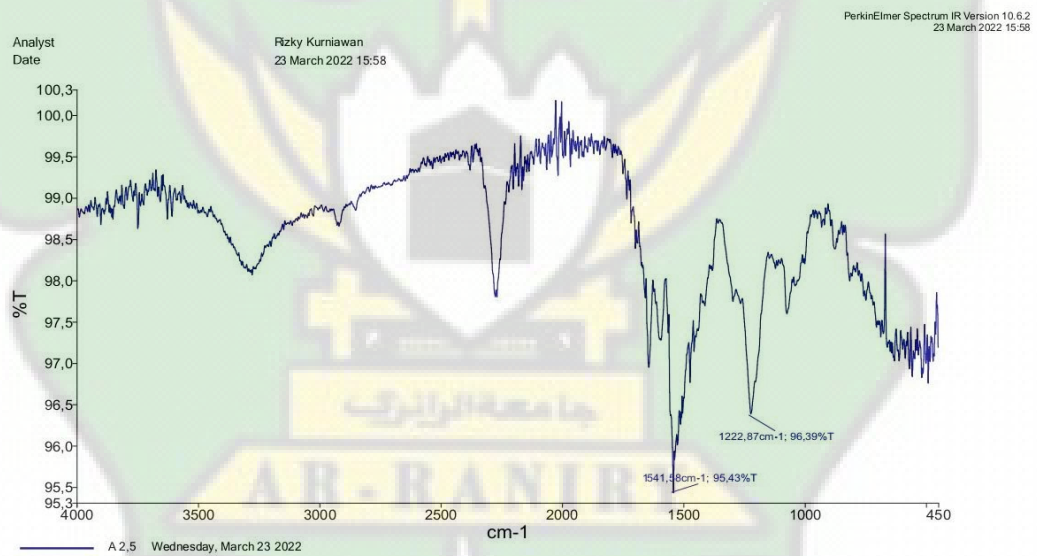
Gambar 1. FTIR membran PU A1



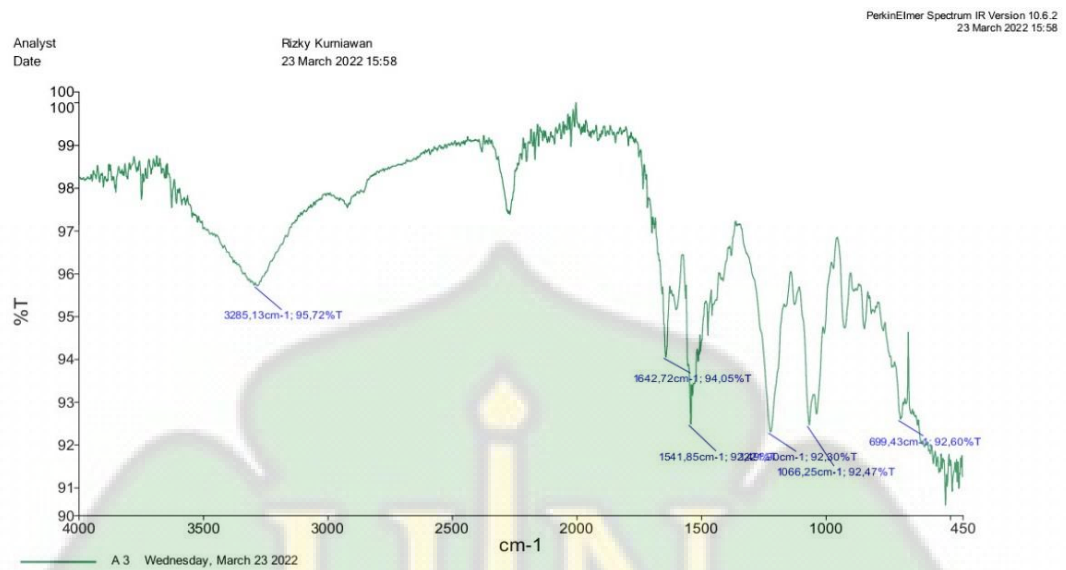
Gambarl 2. FTIR membran PU A1,5



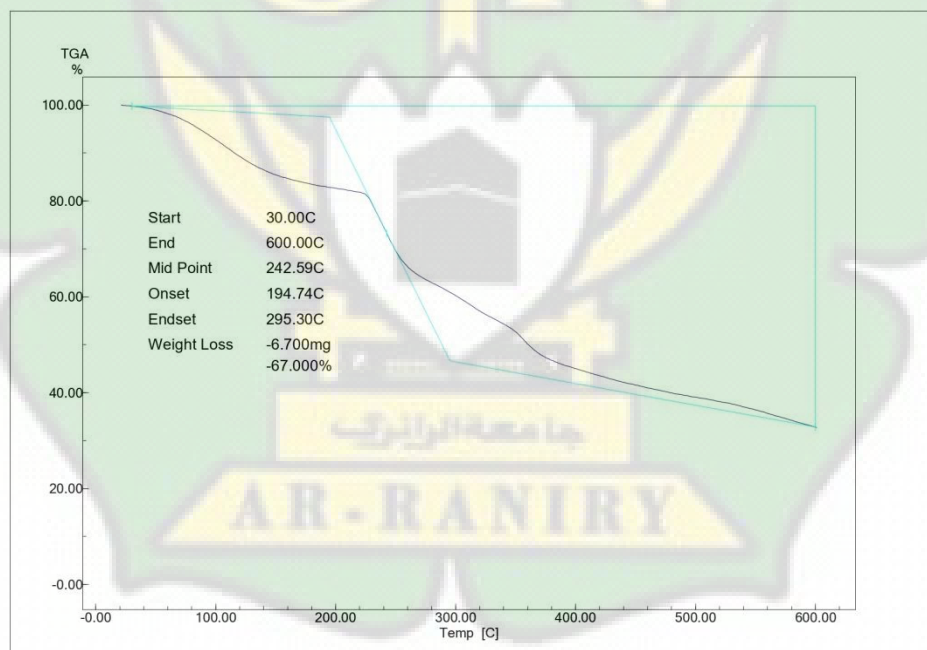
Gambar 3. FTIR membran PU A2



Gambar 4. FTIR membran PU A2,5



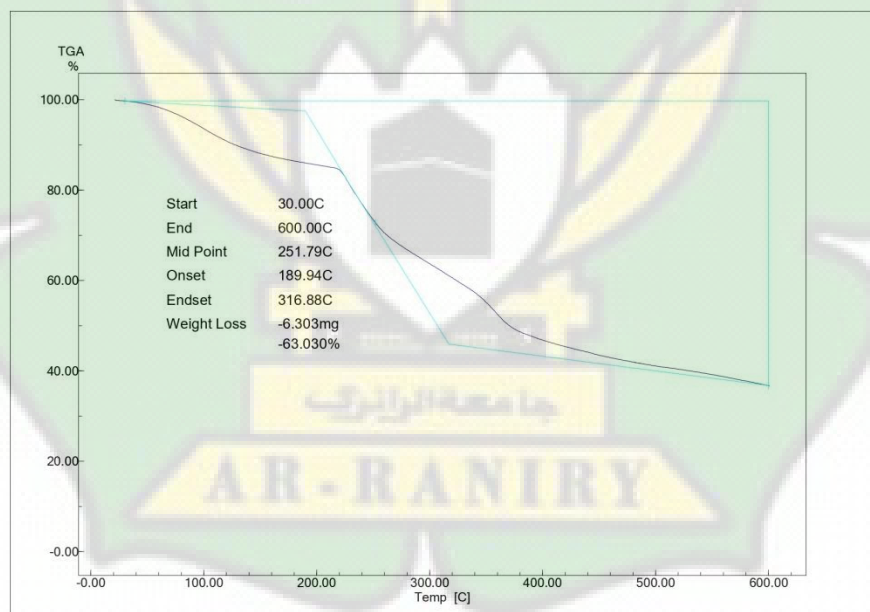
Gambar 5. FTIR membran PU A3



Gambar 6. Hasil Uji TGA Membran A



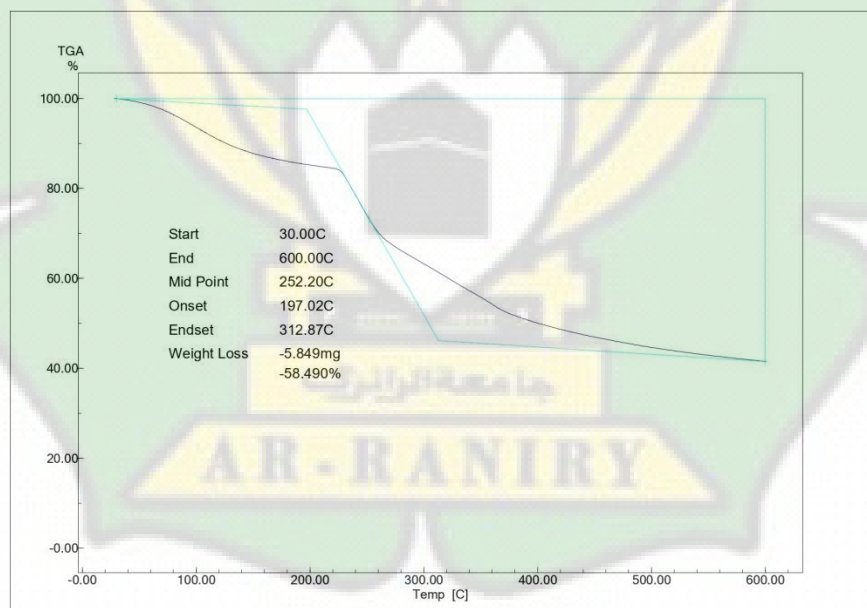
Gambar 7. Hasil Uji TGA Membran B



Gambar 8. Hasil Uji TGA Membran C



Gambar 9. Hasil Uji TGA Membran D



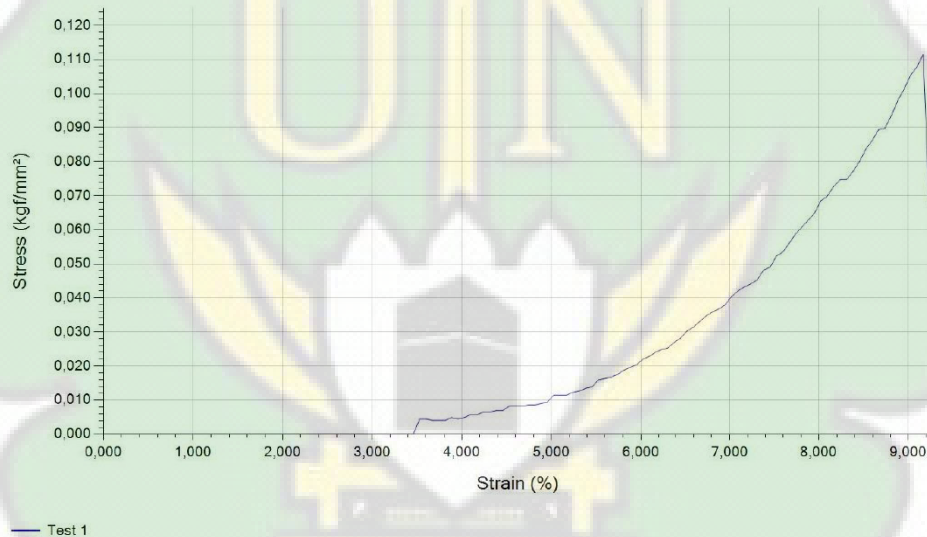
Gambar 10. Hasil Uji TGA Membran E

PUSLABFOR BARESKRIM POLRI
 SUBBID METALURGI BID BALMETFOR

 Request : nurfaizah
 Sample Code : aseton 2
 Material : -
 Description : -
 Standard : -
 Operator : BAGAS

 Test Name : Plate-Type Tensile Test
 Test Type : Tensile
 Test Date : 08/06/2022 15:07
 Test Speed : 30,000 mm/min
 Pretension : Off
 Sample Length : 40,000 mm

Test No	Time of Test	Thickness (mm)	Width (mm)	Area (mm ²)	Force @ Yield (kgf)	Stress @ Yield (kgf/mm ²)	Force @ Peak (kgf)	Stress @ Peak (kgf/mm ²)	Youngs Modulus (kgf/mm ²)
1	08/06 15:07:34	0,350	7,000	2,450	0,264	0,108	0,273	0,111	1,976
Test No	Sample Length (mm)	Length after Fracture (mm)	Strain after Fracture (%)	Reduced Area (mm ²)	Percentage Reduction of Area (%)	Poisson's Ratio			
1	40,000	41,870	4,675	2,450	0,000				



Page 1 of 1


 Unit 1 Lincoln Business Park Lincoln Close,
 Rochdale, Lancashire, England OL11 1NR

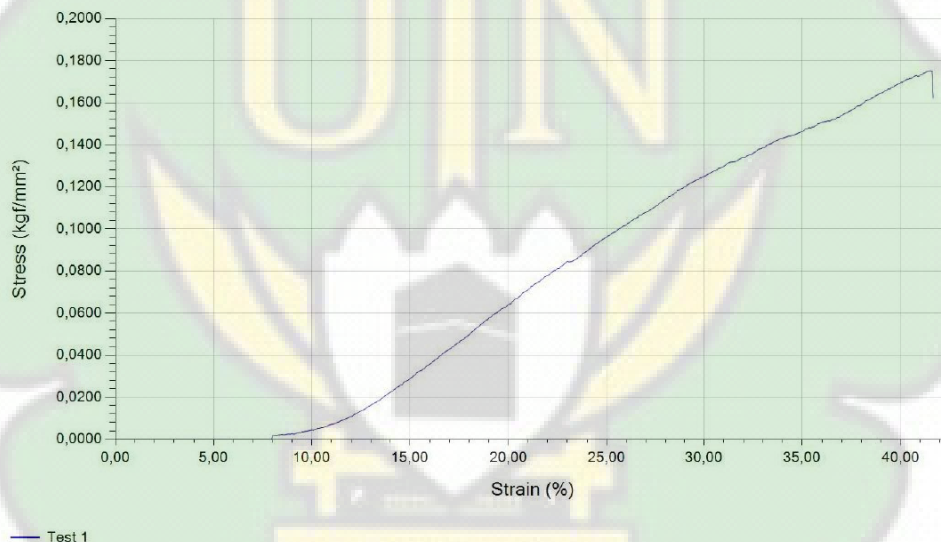
 Tel: (44) (0)1706 654039 Fax: (44) (0)1706 646089
 Email: info@testometric.co.uk website: www.testometric.co.uk

PUSLABFOR BARESKRIM POLRI
 SUBBID METALURGI BID BALMETFOR

 Request : nurfaizah
 Sample Code : aseton 3
 Material : -
 Description : -
 Standard : -
 Operator : BAGAS

 Test Name : Plate-Type Tensile Test
 Test Type : Tensile
 Test Date : 08/06/2022 15:03
 Test Speed : 30,000 mm/min
 Pretension : Off
 Sample Length : 40,000 mm

Test No	Time of Test	Thickness (mm)	Width (mm)	Area (mm ²)	Force @ Yield (kgf)	Stress @ Yield (kgf/mm ²)	Force @ Peak (kgf)	Stress @ Peak (kgf/mm ²)	Youngs Modulus (kgf/mm ²)
1	08/06 15:03:48	0,900	7,000	6,300	1,102	0,175	1,104	0,175	0,706
Test No	Sample Length (mm)	Length after Fracture (mm)	Strain after Fracture (%)	Reduced Area (mm ²)	Percentage Reduction of Area (%)	Poisson's Ratio			
1	40,000	40,610	1,525	6,300	0,000				



Page 1 of 1


 Unit 1 Lincoln Business Park Lincoln Close,
 Rochdale, Lancashire, England OL11 1NR

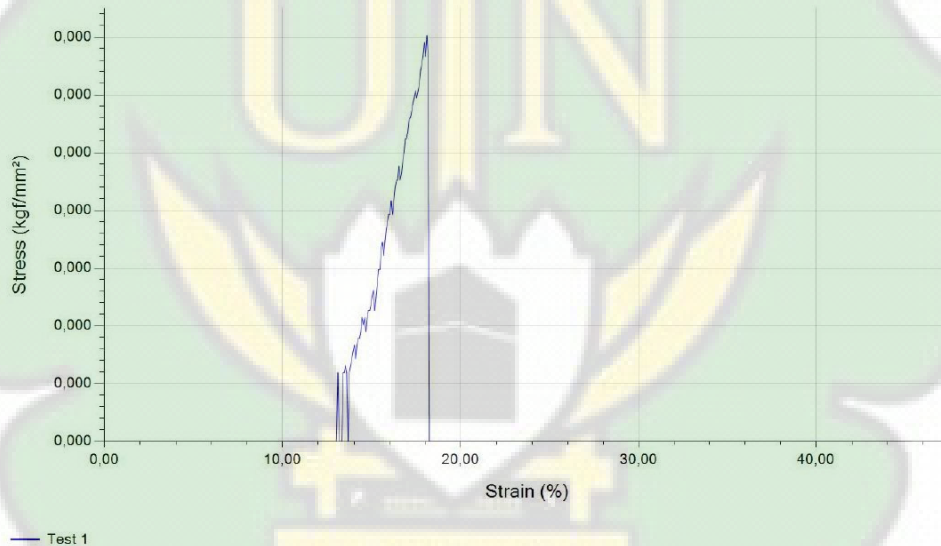
 Tel: (44) (0)1706 654039 Fax: (44) (0)1706 646089
 Email: info@testometric.co.uk website: www.testometric.co.uk

PUSLABFOR BARESKRIM POLRI
 SUBBID METALURGI BID BALMETFOR

 Request : nurfaizah
 Sample Code : aseton 4
 Material : -
 Description : -
 Standard : -
 Operator : BAGAS

 Test Name : Plate-Type Tensile Test
 Test Type : Tensile
 Test Date : 08/06/2022 14:56
 Test Speed : 30,000 mm/min
 Pretension : Off
 Sample Length : 40,000 mm

Test No	Time of Test	Thickness (mm)	Width (mm)	Area (mm ²)	Force @ Yield (kgf)	Stress @ Yield (kgf/mm ²)	Force @ Peak (kgf)	Stress @ Peak (kgf/mm ²)	Youngs Modulus (kgf/mm ²)
1	08/06 14:57:07	0,240	7,000	1,680	0,014	0,008	0,059	0,035	0,677
Test No	Sample Length (mm)	Length after Fracture (mm)	Strain after Fracture (%)	Reduced Area (mm ²)	Percentage Reduction of Area (%)	Poisson's Ratio			
1	40,000	4114,000	10185,000	1,680	0,000				



Page 1 of 1


 Unit 1 Lincoln Business Park Lincoln Close,
 Rochdale, Lancashire, England OL11 1NR

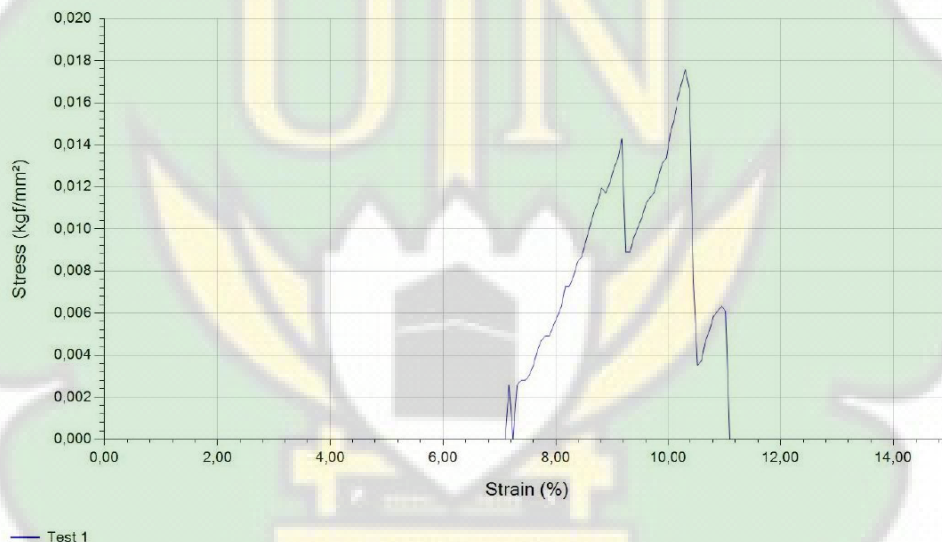
 Tel: (44) (0)1706 654039 Fax: (44) (0)1706 646089
 Email: info@testometric.co.uk website: www.testometric.co.uk

PUSLABFOR BARESKRIM POLRI
 SUBBID METALURGI BID BALMETFOR

 Request : nurfaizah
 Sample Code : aseton 5
 Material : -
 Description : -
 Standard : -
 Operator : BAGAS

 Test Name : Plate-Type Tensile Test
 Test Type : Tensile
 Test Date : 08/06/2022 15:10
 Test Speed : 30,000 mm/min
 Pretension : Off
 Sample Length : 40,000 mm

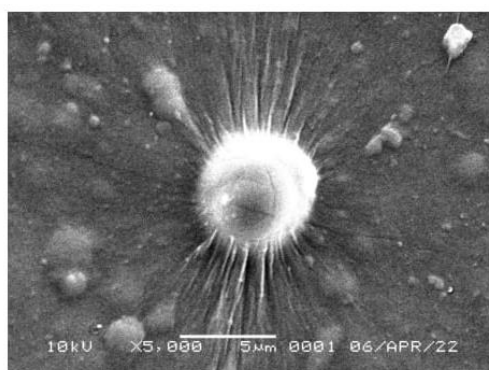
Test No	Time of Test	Thickness (mm)	Width (mm)	Area (mm ²)	Force @ Yield (kgf)	Stress @ Yield (kgf/mm ²)	Force @ Peak (kgf)	Stress @ Peak (kgf/mm ²)	Youngs Modulus (kgf/mm ²)
1	08/06 15:11:09	0,610	7,000	4,270	0,061	0,014	0,075	0,018	0,678
Test No	Sample Length (mm)	Length after Fracture (mm)	Strain after Fracture (%)	Reduced Area (mm ²)	Percentage Reduction of Area (%)	Poisson's Ratio			
1	40,000	40,060	0,150	4,270	0,000				



Page 1 of 1


 Unit 1 Lincoln Business Park Lincoln Close,
 Rochdale, Lancashire, England OL11 1NR

 Tel: (44) (0)1706 654039 Fax: (44) (0)1706 646089
 Email: info@testometric.co.uk website: www.testometric.co.uk

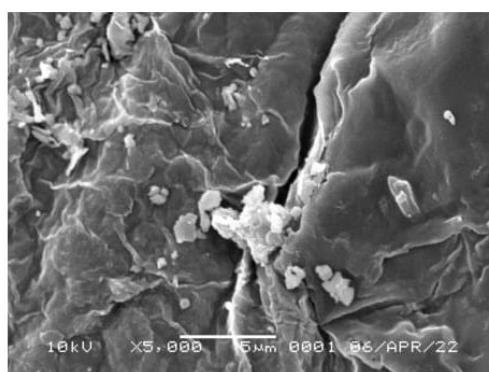


Instrument:JSM-6360

Accel.Volt(kV):10
Org. Mag. x5000
Image:SEI
<SEI>

Date:2022-04-06

447- SEM 5000x

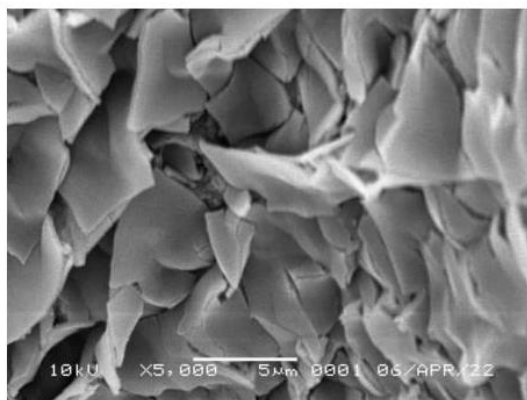


Instrument:JSM-6360

Accel.Volt(kV):10
Org. Mag. x5000
Image:SEI
<SEI>

Date:2022-04-06

448- SEM 5000x

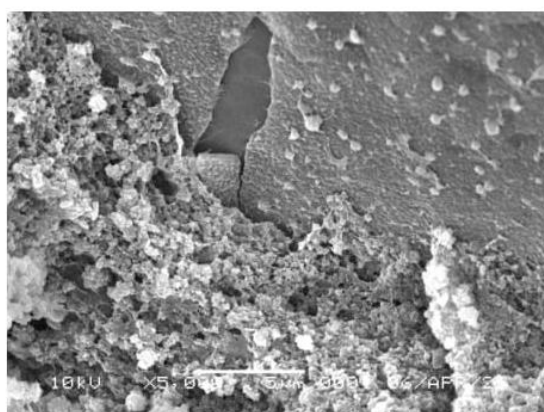


Instrument:JSM-6360

Accel.Volt(kV):10
Org. Mag. x5000
Image:SEI
<SEI>

Date:2022-04-06

451SEM 5000x



Instrument: JSM-6360

Accel.Volt(kV): 10

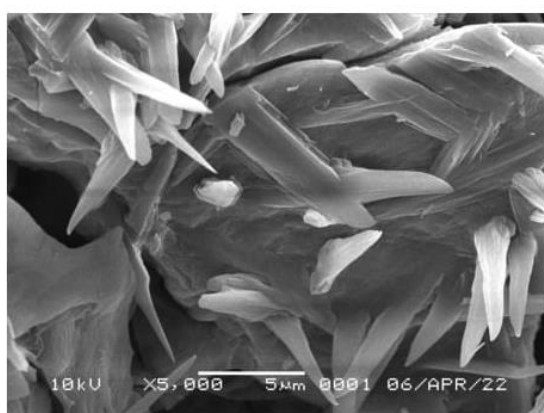
Org. Mag. x5000

Image: SEI

<SEI>

Date: 2022-04-06

449 SEM 5000x



Instrument: JSM-6360

Accel.Volt(kV): 10

Org. Mag. x5000

Image: SEI

<SEI>

Date: 2022-04-06

450 SEM 5000x



Lampiran 4. Penelitian

