

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN POLIURETAN (PU)
DARI MINYAK BIJI JARAK (*Ricinius Communis L*) DENGAN
KOMBINASI SILIKA (SiO₂)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

Miratul Khairi

NIM. 170704012

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Kimia



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM BANDA ACEH
2021 M / 1442 H**

LEMBARAN PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN POLIURETAN (PU)
DARI MINYAK BIJI JARAK (*Ricinius Communis L*) DENGAN
KOMBINASI SILIKA (SiO₂)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Kimia**

Oleh :

**MIRATUL KHAIRI
NIM. 170704012**

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

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



**(Khairun Nisah, M.Si)
NIDN. 2016027902**

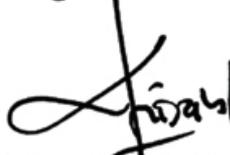
Pembimbing II,



**(Reni Silvia Nasution, M.Si)
NIDN. 2022028901**

Mengetahui:

Ketua Program Studi Kimia,



**(Khairun Nisah, M.Si)
NIDN. 2016027902**

LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN POLIURETAN (PU)
DARI MINYAK BIJI JARAK (*Ricinus Communis L*) DENGAN
KOMBINASI SILIKA (SiO₂)**

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 Ilmu Kimia

Pada Hari/Tanggal : 22 Desember 2021
18 jumaidil awal 1443

Panitia Ujian Munaqasah Skripsi

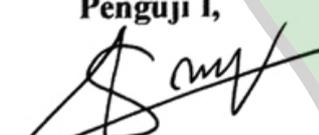
Ketua,


(Khairun Nisah, M.Si)
NIDN. 2016027902

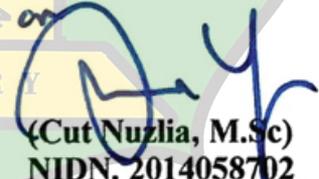
Sekretaris,


(Reni Silvia Nasution, M.Si)
NIDN. 2022028901

Penguji I,


(Febrina Arfi, M.Si)
NIDN.2021028601

Penguji II,


(Cut Nuzlia, M.Sc)
NIDN. 2014058702

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitsa 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 : Miratul Khairi
NIM : 170704012
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Pembuatan dan Karakterisasi Membran Poliuretan (PU) dari Minyak Biji Jarak dengan Kombinasi Silika (SiO₂)

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 melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

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

Yang menyatakan,


10000
METERAL TEMPEL
CCA4CAJX849505037 (Miratul Khairi)

ABSTRAK

Nama : Miratul Khairi
NIM : 170704012
Program Studi : Kimia
Judul : Pembuatan dan Karakterisasi Membran Poliuretan (PU)
dari Minyak Biji Jarak (*Ricinus Communis L*) dengan
Kombinasi Silika (SiO_2)

Tanggal Sidang : 22 Desember 2021
Tebal Skripsi : 64 Lembar
Pembimbing I : Khairun Nisah, M.Si
Pembimbing II : Reni Silvia Nasution, M.Si
Kata Kunci : Membran, Poliuretan, Minyak Biji Jarak, Toluena
diisosiyanat, dan Silika.

Minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) dapat dimanfaatkan untuk pembuatan membran poliuretan (PU) yang direaksikan dengan toluena diisosiyanat (TDI). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh silika dan karakterisasi membran PU dari minyak biji jarak dengan kombinasi silika (SiO_2) 0.5 mg, 1 mg, 1.5 mg, dan 2 mg. Pembuatan membran PU menggunakan metode inversi fasa. Hasil dari karakterisasi uji *swelling*, variasi 1.5 mg menghasilkan nilai yang optimal sebanyak 200%. Begitu juga untuk karakterisasi ketahanan bahan kimia variasi 1.5 mg yang optimal. Dari hasil karakterisasi uji *swelling* dan ketahanan bahan kimia dilakukan karakterisasi pada FTIR, termal (TGA), mekanik (uji tarik), dan SEM. Hasil karakterisasi FTIR membran PU-silika variasi 1.5 mg menunjukkan terdapat gugus Si-O dan gugus amina (NH_2) dan pada membran PU-non silika terdapat gugus OH, C=O dan NH. Pada karakterisasi termal membran PU-silika variasi 1.5 mg menghasilkan residu sebanyak 3.2% sedangkan membran PU-non silika 1.8%. Pada karakterisasi mekanik membran PU-silika variasi 1.5 mg memiliki nilai elongasi yang lebih tinggi dibandingkan membran PU-non silika. Pada karakterisasi SEM membran PU-silika variasi 1.5 mg memiliki pori-pori dan jenis membran padatan, sedangkan membran PU-non silika tidak memiliki pori-pori, homogen dan jenis membran berupa padatan (dense).

A R - R A N I R Y

ABSTRACT

Name : Miratul Khairi
NIM : 170704012
Study Program : Chemistry
Title : Manufacture and Characterization of Polyurethane (PU) Membranes from Castor Oil (*Ricinus Communis L*) with Silica (SiO_2)
Trial Date : 22 December 2021
Thesis Thickness : 64 Sheet
Supervisor I : Khairun Nisah, M.Si
Supervisor II : Reni Silvia Nasution, M.Si
Keywords : Membrane, Polyurethane, Castor Oil, Toluene diisocyanate, and Silica.

Castor oil (*Ricinus Communis L*) can be used for the manufacture of polyurethane (PU) membranes reacted with toluene diisocyanate (TDI). This study aims to determine the effect of silica (SiO_2) and the characterization of PU membrane from Castor seed oil with a combination of 0.5 mg, 1 mg, 1.5 mg, and 2 mg. PU membrane manufacture using the phase inversion method. The results of the 1.5 mg swelling test characterization resulted in an optimal value of 200%. As well for the characterization of chemical resistance, a variation of 1.5 mg is optimal. From the results of the swelling test characterization and chemical resistance, the FTIR, thermal (TGA), mechanical (tensile test), and SEM characterization were carried out. The results of the FTIR characterization of the 1.5 mg PU-silica membrane showed that there were Si-O groups and amine groups (NH_2) and on the non-silica PU membranes there were OH, C=O and N-H groups. On the thermal characterization of the 1.5 mg PU-silica membrane it produced a residue of 3.2% while the non-silica PU membrane was 1.8%. in the mechanical characterization of the 1.5 mg variation of PU-silica membrane, the elongation value was higher than that of the non-silica PU membrane. In the SEM characterization the 1.5 mg variation of PU-silica membrane has pores and the type of membrane is solid, while the PU-non silica membrane has no pores, is homogeneous and the type of membrane is solid (dense).

AR - RANIRY

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, kita ucapkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan Al-Qur'an sebagai hudan lin naas (petunjuk bagi seluruh manusia) dan rahmatan lil'alamin (rahmat bagi segenap alam). Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabatnya dan seluruh umatnya yang selalu istiqamah hingga akhir zaman.

Penulis dalam kesempatan ini mengambil judul skripsi "**Pembuatan dan Karakterisasi Membran Poliuretan (Pu) dari Minyak Biji Jarak (*Ricinus Communis L*) dengan Kombinasi Silika (SiO_2)**". Penulisan skripsi bertujuan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap terakhir pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan dan untaian do'a nya selama ini hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam membuat dan menyelesaikan skripsi, penulis juga mendapatkan banyak pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berarti. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Khairun Nisah, M.Si., selaku Ketua Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Khairun Nisah, M.Si., selaku dosen pembimbing pertama Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Reni Silvia Nasution, M.Si., selaku dosen pembimbing kedua Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Ibu/Bapak, selaku dosen penguji pertama Prodi Kimia, Fakultas Sains dan

Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

5. Ibu/Bapak, selaku dosen penguji kedua Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-raniry.
6. Seluruh ibu/bapak dosen di Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
7. Semua teman-teman seperjuangan angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama penulis membuat dan menyelesaikan skripsi.
8. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan proposal skripsi ini.

Semoga amal baik mereka mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan balasan yang berlipat ganda. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk lebih menyempurnakan skripsi ini.

Banda Aceh, 9 Juli 2021
Penulis,

Miratul Khairi

جامعة الرانيري
A R - R A N I R Y

DAFTAR ISI

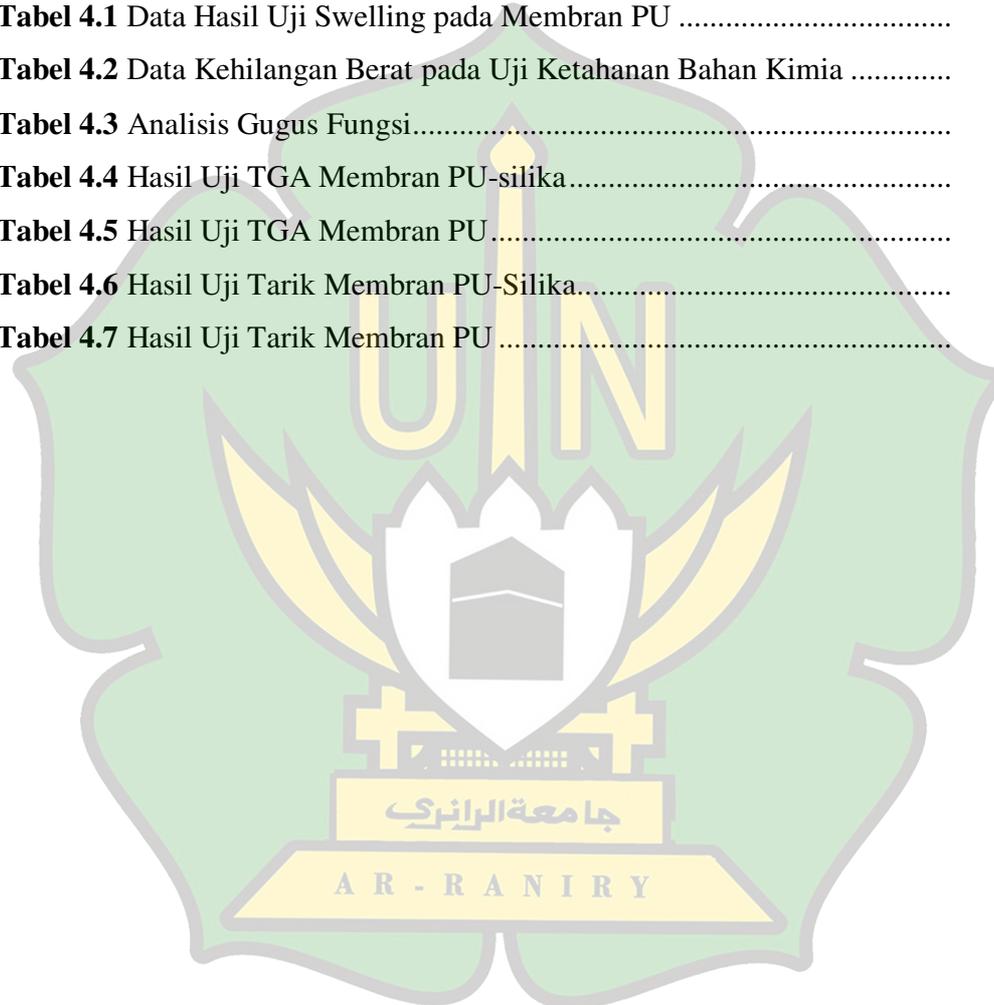
LEMBARAN PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Membran	5
2.1.1 Sifat Membran.....	5
2.1.2 Pembagian Membran.....	5
2.1.3 Metode Pembuatan Membran.....	12
2.2 Poliuretan.....	13
2.3 Isosianat	14
2.4 Membran PU.....	14
2.5 Minyak Biji Jarak (<i>Ricinius Communis L</i>)	16
2.6 Silika (SiO ₂)	18
2.7 Karakterisasi	20
2.7.1 Karakterisasi Membran	20
2.8 Penelitian yang Relavan	22
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat.....	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1 Alat	26
3.2.2 Bahan	26
3.3 Cara Kerja.....	26
3.3.1 Pembuatan Membran PU dengan Kombinasi Silika.....	26
3.4 Karakterisasi Membran PU.....	27
3.4.1 Uji <i>Swelling</i>	27

3.4.2 Analisis Ketahanan Kimia.....	28
3.4.3 Analisis Gugus Fungsi FTIR.....	28
3.4.4 Analisis Kekuatan Mekanik.....	28
3.4.5 Analisis Termal.....	28
3.4.6 Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Penelitian.....	29
4.1.1 Hasil Uji <i>Swelling</i>	29
4.1.2 Hasil Uji Ketahanan Bahan Kimia.....	29
4.1.3 Hasil Uji FTIR.....	30
4.1.4 Hasil Uji Ketahanan Termal.....	31
4.1.5 Hasil Uji Kekuatan Mekanik.....	31
4.1.6 Hasil SEM.....	32
4.2 Pembahasan.....	33
4.2.1 Pembuatan Membran.....	33
4.2.2 Karakterisasi Membran.....	33
4.2.2.1 Uji <i>Swelling</i>	33
4.2.2.2 Hasil Uji Ketahanan Bahan Kimia.....	34
4.2.2.3 Hasil Uji FTIR.....	35
4.2.2.4 Hasil Uji Ketahanan Termal.....	36
4.2.2.5 Hasil Uji Kekuatan Mekanik.....	36
4.2.2.6 Hasil SEM.....	37
BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	42

AR - RANIRY

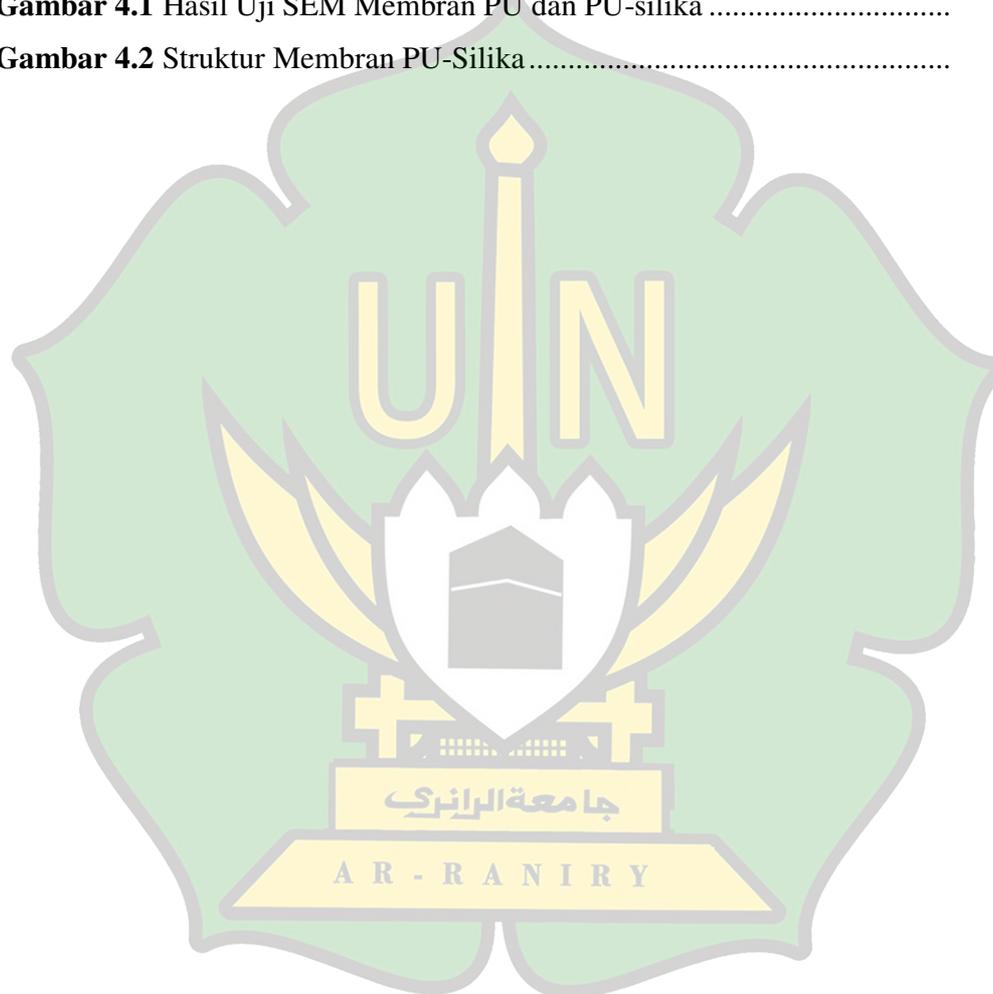
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kinerja Dan Sifat Membran PU Dari Minyak Biji Jarak	15
Tabel 2.2 Karakteristik Sifat Fisika-Kimia Minyak Biji Jarak.....	17
Tabel 2.3 Data Hasil Analisis Kromatografi Gc-Mc Minyak Biji Jarak	17
Tabel 3.1 Komposisi PU dan Silika dalam Membran PU	27
Tabel 4.1 Data Hasil Uji Swelling pada Membran PU	29
Tabel 4.2 Data Kehilangan Berat pada Uji Ketahanan Bahan Kimia	29
Tabel 4.3 Analisis Gugus Fungsi.....	30
Tabel 4.4 Hasil Uji TGA Membran PU-silika.....	31
Tabel 4.5 Hasil Uji TGA Membran PU.....	31
Tabel 4.6 Hasil Uji Tarik Membran PU-Silika.....	31
Tabel 4.7 Hasil Uji Tarik Membran PU	31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Tolune diisosianat.....	14
Gambar 2.2 Mekanisme Reaksi Membran PU dari Minyak Biji Jarak	15
Gambar 2.3 Biji dan Minyak Biji Jarak.....	16
Gambar 2.4 Silika	20
Gambar 4.1 Hasil Uji SEM Membran PU dan PU-silika	32
Gambar 4.2 Struktur Membran PU-Silika.....	33



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Perhitungan	42
Lampiran 2. Grafik.....	47
Lampiran 3. Foto Proses Penelitian	49



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pembuatan membran telah banyak dikembangkan untuk mendapatkan kinerja membran yang baik. Seiring dengan kegunaan membran sebagai pemisah memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan menggunakan metode pemisahan yang lain, karena teknik pemisahan menggunakan membran lebih sederhana, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, dapat dikombinasikan dengan proses lain, tidak mengalami perubahan fase, kebutuhan energi rendah, proses dapat berlangsung secara kontinu, dan tidak memerlukan ruang instalasi yang besar. Pemanfaatan membran sebagai alat dalam proses pemisahan dapat dijumpai pada hampir semua industri, seperti industri tekstil, makanan, minuman dan sebagainya (Nurman, *et al.*, 2016).

Berdasarkan asalnya membran dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu membran alami dan membran sintesis. Membran alami yaitu membran yang terdapat dalam sel tubuh manusia, hewan dan tumbuhan. Sedangkan membran sintesis dibuat sesuai dengan kebutuhan sifat membran tersebut. Membran sintetik dapat dibedakan menjadi membran anorganik dan membran organik. Membran anorganik adalah membran dengan bahan penyusun utamanya adalah logam seperti membran plat logam tipis yang terbuat dari palladium, perak dan lain-lain. Sedangkan membran organik adalah membran dengan bahan penyusun utamanya polimer organik seperti selulosa, selulosa nitrat, polisulfon, poliamida, kitin, kitosan dan polimer sintesis lainnya. Membran dapat dibuat dari bahan polimer organik dan senyawa anorganik. Namun sebagian besar bahan yang sering digunakan untuk pembuatan membran adalah bahan polimer organik karena proses pembuatannya yang relatif sederhana, banyak terdapat di alam dan mudah di dapatkan (Munder, 1996). Salah satu pembuatan membran dari bahan polimer organik adalah membran poliuretan (PU).

Membran PU dapat dibuat dengan mereaksikan bahan dasar polimer PU dengan pelarut yang mempunyai parameter kelarutan yang sama. Salah satu bahan dasar polimer PU adalah minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*). Bahan dasar tersebut

direaksikan dengan berbagai jenis isosianat, salah satunya toluena diisosianat (TDI) (Goddard dan Cooper, 1995). PU merupakan bahan polimer yang mengandung gugus fungsi uretan (NHCOO-), gugus fungsi yang dibentuk oleh reaksi sebuah monomer yang mengandung minimum dua gugus fungsional isosianat dengan monomer lainnya yang mengandung dua gugus alkohol dengan katalis dan zat aditif yang lain. Secara komersial, poliuretan diproduksi dengan mereaksikan isosianat cair dengan campuran cairnya polioliol, katalis, dan zat tambahan yang lain (Wuryanti, 2016).

Marlina *et al* (2017) melakukan penelitian tentang sintesis membran poliuretan berbasis bahan alam, dimana pada penelitian Marlina *et al* (2017) dihasilkan kinerja dan sifat kualitatif membran PU dari minyak jarak yang menunjukkan membran PU yang dihasilkan dari minyak biji jarak hasil sokletasi pada komposisi 1:1 (mol/mol) mempunyai sifat yang elastis, transparan dan homogen, namun masih memiliki kekuatan mekanik rendah, hal ini menyebabkan membran mudah sobek (tidak kuat), kinerja yang dihasilkan adalah fluks sebesar 17,8 L/m² jam dan faktor rejeksi 23,8%. Pada konsentrasi TDI>1 membran yang dihasilkan kaku, transparan dan kurang homogen, hal ini menyebabkan kinerja membran menurun. Sedangkan bila konsentrasi TDI<1 maka membran PU yang dihasilkan lembut dan kurang homogen, serta mempunyai kinerja yang kurang baik dengan hasil penelitian ini, masih diperlukan penambahan zat yang bisa memperkuat dari membran tersebut salah satunya adalah silika.

Silika adalah senyawa hasil polimerisasi asam silisilat, yang tersusun dari rantai satuan SiO₄ tetrahedral dengan formula umum SiO₂. Silika sebagai salah satu senyawa silika sintesis yang berstruktur amorf yang tahan akan keadaan panas. (Sulastri, dan Kristianingrum, 2010). Penambahan silika oksida sebagai bahan senyawa anorganik pada suatu membran dapat meningkatkan sifat fisika dan sifat kimia dari membran. Pada penelitian Valentine, Aprilia dan Djunet (2019) menghasilkan membran dengan karakterisasi yang lebih baik dengan penambahan silika. Membran dengan penambahan silika meningkatkan kestabilan membran, memperkecil ukuran pori sehingga pemisahan molekul-molekul atau rejeksi makromolekul dari suatu larutan oleh membran lebih efektif. Hartanto, Handayani, Marlina, dan Latifah (2007)

menambahkan silika oksida untuk mengurangi permeabilitas metanol dari polimer polieter eter keton yang tersulfonasi (sPEEK) dengan memodifikasi polimer melalui penambahan SiO₂. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan ditambahkan SiO₂ sebanyak 3% ke dalam polimer dapat menaikkan konduktivitas dan menurunkan permeabilitas.

Dalam pembuatan membran perlu diketahui karakterisasi dari membran tersebut. Pada umumnya karakterisasi membran PU yang dilakukan adalah uji *swelling*, ketahanan bahan kimia, *spektroskopi inframerah* (FTIR), analisa termal (TGA), uji mekanik (uji tarik), dan *Scanning Elektron microscope* (SEM), (Marlina *et al*, 2017). Pada penelitian ini digunakan variasi silika dengan tujuan untuk meningkatkan sifat kimia dan sifat fisika dari membran PU.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dilakukan penelitian tentang pembuatan dan karakterisasi membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) dengan kombinasi silika (SiO₂).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat disimpulkan rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana pengaruh silika pada membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) ?
2. Bagaimana karakteristik membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) yang dikombinasikan dengan silika ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari rumusan masalah adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh silika pada membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*).
2. Untuk mengetahui bagaimana karakteristik membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) yang dikombinasikan dengan silika.

1.4 Manfaat Penelitian

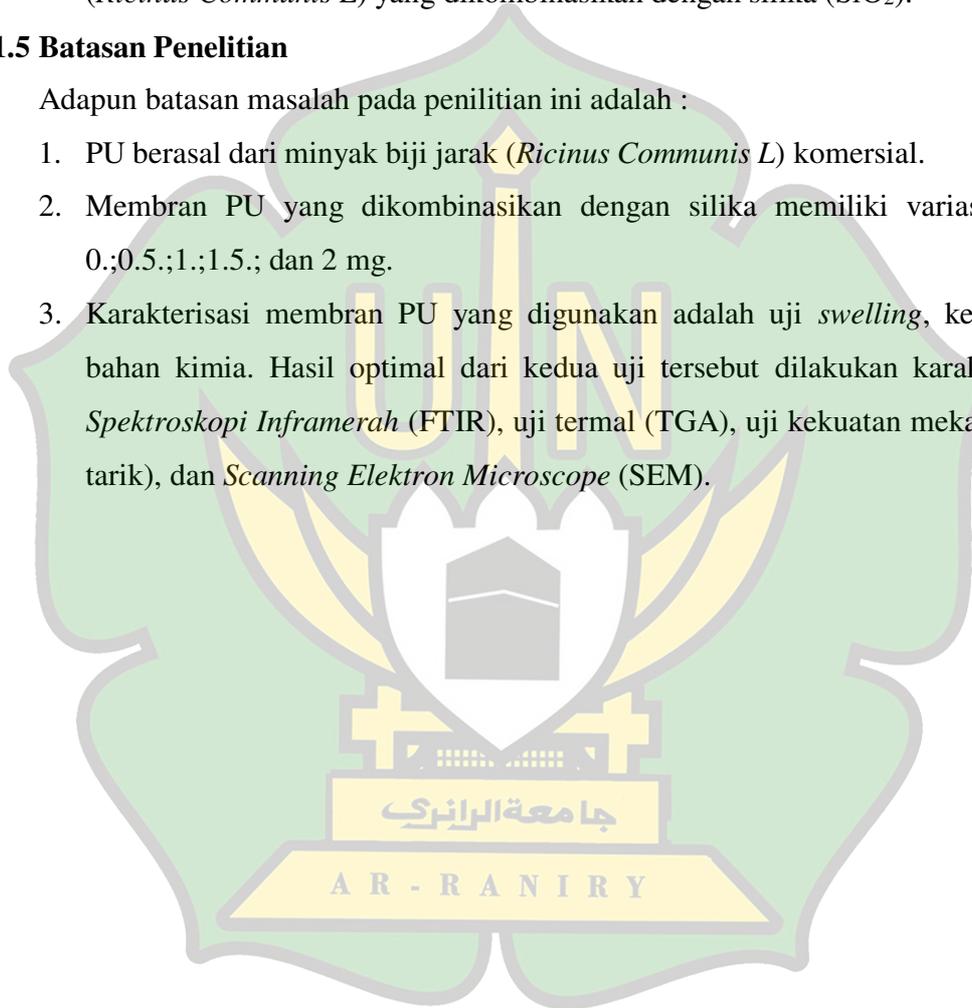
Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang bagaimana pengaruh silika pada membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*).
2. Memberikan informasi karakteristik membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) yang dikombinasikan dengan silika (SiO_2).

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. PU berasal dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) komersial.
2. Membran PU yang dikombinasikan dengan silika memiliki variasi yaitu 0.;0.5.;1.;1.5.; dan 2 mg.
3. Karakterisasi membran PU yang digunakan adalah uji *swelling*, ketahanan bahan kimia. Hasil optimal dari kedua uji tersebut dilakukan karakterisasi *Spektroskopi Inframerah* (FTIR), uji termal (TGA), uji kekuatan mekanik (uji tarik), dan *Scanning Elektron Microscope* (SEM).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran

Penggunaan membran secara komersial pertama kali dikembangkan oleh Sartorius di Jerman setelah perang dunia pertama. Kemudian Loeb dan Sourirajan berhasil menerapkan proses membran pada industri dengan penemuan dan pengembangan membran asimetrik pada tahun 1963. Keuntungan yang diperoleh dengan teknologi membran yaitu energi yang dibutuhkan cukup rendah, penggunaannya dapat kontinu, modulnya dapat digabungkan dengan peralatan lain tidak membutuhkan zat kimia tambahan, serta mampu memisahkan zat yang sensitif terhadap perubahan temperatur. Membran dapat digunakan berdasarkan kebutuhan, artinya sifat dan kerja membran dapat disesuaikan dengan tujuan penggunaan (Munder, 1996).

2.1.1 Sifat Membran

Dari hasil penelitian Marlina *et al* (2017), tentang pembuatan membran PU diketahui bahwa membran yang sempurna memiliki ciri-ciri atau sifat fisika yang elastis, transparan dan homogen.

2.1.2 Pembagian Membran

Klasifikasi membran dapat digolongkan dalam beberapa kelompok berdasarkan jenis, morfologi, asal, kerapatan pori, sistem operasi, fungsi dan bentuk (Marlina *et al*, 2017).

1. Berdasarkan Jenis

Dilihat dari jenisnya membran dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Membran non komposit

Membran non komposit merupakan media berpori yang tersusun dari satu polimer yang memiliki karakteristik yang kurang baik, seperti selektifitas yang dimilikinya relatif rendah (Munder, 1996).

b. Membran komposit

Membran komposit merupakan membran asimetrik yang terdiri dari lapisan berpori rapat dan lapisan pendukung dengan material yang berbeda. Membran ini dapat memberikan suatu kinerja yang optimal terhadap selektifitas, laju permeasi dan kestabilan termal (Munder, 1996).

2. Berdasarkan Morfologi

Berikut ini pengelompokan membran dilihat dari geometri pori (struktur), yakni (Widayanti, 2013)

a. Membran simetrik

Membran ini mengandung pori dengan ketebalan 10-200 μm . Membran ini memiliki struktur pori yang homogen di seluruh bagian membran. Jenis membran ini kurang efektif karena memungkinkan lebih cepat terjadinya penyumbatan pori dan mengakibatkan fouling atau penyumbatan pori pada penggunaannya (Mulder, 1996).

b. Membran asimetrik

Membran ini terdiri dari dua lapisan, yaitu kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1-0,5 μm dan lapisan pendukung berpori besar dengan ketebalan 50-150 μm . Membran asimetrik menghasilkan selektivitas yang lebih tinggi disebabkan oleh rapatnya lapisan atas membran dan mempunyai kecepatan permeasi yang tinggi karena tipisnya membran. Tingginya laju filtrasi pada membran asimetrik ini disebabkan mekanisme penyaringan permukaan. Partikel yang ditolak tertahan pada permukaan membran (Mulder, 1996). Tingkat pemisahan membran asimetrik jauh lebih tinggi dari pada membran simetrik pada ketebalan yang sama. Hal ini disebabkan karena pada membran simetrik, partikel yang melewati pori akan menyumbat pori-pori membran sehingga penyaringan membran menurun drastis (Mulder, 1996). Struktur pori dari membran baik penampang lintang maupun permukaan dapat dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Berkas elektron dengan diameter 5 sampai 10 nm, diarahkan pada specimen. Interaksi berkas elektron dengan specimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik berkas

elektron, sinar X, sinar tampak, elektron sekunder dan absorpsi elektron yang memberikan informasi pengukuran SEM. Sinyal yang dihasilkan dari penembakan elektron ditangkap oleh detector lalu diteruskan ke monitor. Pada monitor akan diperoleh gambar yang khas yang menggambarkan permukaan specimen. Selanjutnya dapat dipotret dengan film hitam putih. Jika specimen bukan merupakan konduktor yang baik maka perlu dilapisi dengan lapisan tipis 100–500Å⁰ dengan bahan penghantar. Beberapa bahan penghantar yang biasa digunakan adalah emas, perak, karbon dan emas palladium. Pelapisan dilakukan dalam ruang penguapan hampa udara.

3. Berdasarkan Asal

Dilihat dari asalnya, membran dapat dibagi atas membran alami dan membran sintesis (Marlina *et al*, 2017) :

a. Membran alami

Membran alami adalah membran yang terdapat dalam sel makhluk hidup dan terbentuk dengan sendirinya. Membran alami biasanya dibuat dari selulosa dan derivatnya seperti selulosa nitrat dan selulosa asetat (Mulder, 1996).

b. Membran sintesis

Membran sintesis adalah membran yang dibuat dari material tertentu. Contoh membran sintetik seperti poliamida, polisulfon dan polikarbonat (Widayanti, 2013). Membran sintesis dibagi menjadi dua yaitu membran organik (antara lain polimer) dan membran anorganik (antara lain keramik).

4. Berdasarkan Kerapatan Pori

Membran digolongkan tiga kelompok, yaitu :

a. Membran berpori

Membran jenis ini memiliki ruang terbuka atau kosong, terdapat berbagai macam jenis pori dalam membran. Pemisahan menggunakan membran ini berdasarkan ukuran pori. Selektivitas ditentukan lewat hubungan antara ukuran pori dan ukuran partikel yang dipisahkan. Jenis membran ini biasanya digunakan untuk pemisahan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Berdasarkan ukuran kerapatan pori, membran dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a) Makropori : membran dengan ukuran pori >50 nm,
- b) Mesopori : membran dengan ukuran pori antara 2–50 nm,
- c) Mikropori : membran dengan ukuran pori <2 nm (Mulder, 1996).

b. Membran non-pori

Membran non-pori dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama baik, baik gas maupun cairan. Membran non-pori berupa lapisan tipis dengan ukuran pori kurang dari $0,001 \mu\text{m}$ dan kerapatan pori rendah. Membran ini dapat memisahkan spesi yang memiliki ukuran sangat kecil yang tidak dapat dipisahkan oleh membran berpori. Membran non-pori digunakan untuk pemisahan gas dan pervaporasi, jenis membran dapat berupa membran komposit atau membran asimetrik, pemisahannya berdasarkan pada kelarutan dan perbedaan kecepatan difusi dari partikel (Mulder, 1996).

c. *Carrier* Membran (membran pembawa)

Mekanisme perpindahan massa pada membran jenis ini tidak ditentukan oleh membran (atau material dari membran) tetapi ditentukan oleh molekul pembawa yang spesifik yang memudahkan perpindahan spesifik terjadi. Ada dua konsep mekanisme perpindahan dari membran jenis ini yaitu: *carrier* tidak bergerak di dalam matriks membran atau *carrier* bergerak ketika dilarutkan dalam suatu cairan. Selektivitas terhadap suatu komponen sangat tergantung pada sifat molekul *carrier*. Selektivitas yang tinggi dapat dicapai jika digunakan *carrier* khusus. Komponen yang akan dipisahkan dapat berupa gas atau cairan, ionik atau non-ionik (Mulder, 1996).

5. Berdasarkan Sistem Operasi

Menurut sistem operasinya dibedakan atas *system dead-end* dan *crossflow* (Mulder, 1996).

6. Berdasarkan Fungsi

Membran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Mikrofiltrasi

Membran mikrofiltrasi (MF) dapat dibedakan dari membran reverse osmosis (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkannya. Pada membran mikrofiltrasi, garam-garam tidak dapat direjeksi oleh membran. Membran mikrofiltrasi berukuran 0,1 sampai 10 mikron (Mulder, 1996). Proses filtrasi dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu di bawah 2 bar. Membran mikrofiltrasi dapat dibuat dari berbagai macam material baik organik maupun anorganik. Membran anorganik banyak digunakan karena ketahanannya pada suhu tinggi. Beberapa teknik yang digunakan untuk membuat membran antara lain sintering, *track atching*, *stretching*, dan *phase inversion* (Widayanti, 2013).

b. Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi berada diantara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,01 μm sampai 0,1 μm (Mulder, 1996). Ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi merupakan membran berpori dimana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran (Marlina *et al*, 2017).

c. Nanofiltrasi (NF)

Nanofiltrasi adalah proses pemisahan jika ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi tidak dapat mengolah air seperti yang diharapkan. Nanofiltrasi dapat menghasilkan proses pemisahan yang sangat terajangkau secara ekonomis, tetapi nanofiltrasi belum dapat mengolah mineral terlarut, warna dan salinasi air, sehingga air hasil olahan (permeat) masih mungkin mengandung ion monovalen dan larutan dengan pencemar yang memiliki berat molekul rendah seperti alkohol. Pengolahan menggunakan nanofiltrasi pada umumnya menggunakan membran berukuran 10-3-10-2 mikron (Marlina *et al*, 2017).

d. Reverse Osmosis

Membran *reverse osmosis* (osmosis balik) digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. Hal ini menyebabkan tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Untuk itu pada umumnya, membran osmosa balik memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150 μm . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat (Widayanti, 2013). Ukuran pori pada proses osmosa balik antara 10-4-10-3 mikron.

e. Dialisa

Dialisa merupakan proses perpindahan molekul solute dari suatu cairan ke cairan lain melalui membran yang diakibatkan adanya perbedaan potensial kimia dari *solute*. Membran dialisa berfungsi untuk memisahkan larutan koloid yang mengandung elektrolit dengan berat molekul kecil (Marlina *et al*, 2017).

f. Elektrodialisis

Elektrodialisa merupakan proses dialisa dengan menggunakan bantuan gaya dorong potensial listrik. Elektrodialisa berlangsung lebih cepat bila dibandingkan dengan proses dialisa. Proses elektrodialisa sering digunakan pada desalinasi dari *juice*. Proses pemisahan dengan menggunakan membran terdiri dari mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan osmosa balik (Marlina *et al*, 2017).

7. Berdasarkan Bentuk

Membran menurut bentuknya dapat diklasifikasikan menjadi tiga klasifikasi yaitu:

A. Membran datar

Membran datar mempunyai penampang lintang besar dan lebar. Pada saat operasi membran datar terbagi atas :

- a. Membran datar 1 lembar
- b. Membran datar bersusun, yang terdiri dari beberapa lembar atau tingkatan dengan menempatkan pemisahan antara membran yang berdekatan

B. Membran spiral

Membran spiral adalah membran datar bersusun yang digulung dengan pipa dan dibentuk spiral (Marlina *et al*, 2017).

C. Membran tubular

Membran tubular adalah membran yang berbentuk pipa memanjang.

Membran jenis ini terbagi atas tiga klasifikasi, yaitu :

- a. Membran serat berongga ($d < 0,5$ mm)
- b. Membran kapiler ($0,5 > d < 5$ mm)
- c. Membran tubular ($d > 5$ mm) (Marlina *et al*, 2017).

2.1.3 Metode Pembuatan Membran

Teknik yang banyak digunakan dalam pembuatan membran yaitu sebagai berikut (Munder, 1996) :

a. Inversi Fasa

Metode ini diperkenalkan oleh Loeb-Sourirajan dengan cara penguapan pelarut setelah proses pencetakan yang dilakukan pada plat kaca. Prosedur pencetakan membran ini dilakukan pada ruang tertutup yang bebas debu dan aliran udara. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses ini adalah komposisi polimer dan pelarut, bahan aditif (*swelling agent*), temperatur inversi, dan waktu curing (Munder, 1996).

b. Ikatan Silang

Salah satu teknik yang dapat digunakan dalam pembuatan membran rapat yaitu dengan membuat ikatan silang antara polimer dengan zat pengikat silang. Proses ini dapat dilakukan dengan mencampurkan polimer dan zat pengikat silang dalam pelarut yang sesuai dalam keadaan basah, atau dengan pemanggangan (proses kering) menggunakan uap pengikat silang. Ikatan silang

dapat juga di hasilkan dengan cara film yang didapatkan dengan cara inversi fasa dipaparkan dalam medan radiasi (misalnya sinar UV) untuk membuat pusat-pusat aktif, kemudian dicelupkan dalam wadah yang berisi monomer yang akan ditempelkan, maka membran rapat bisa dihasilkan. Pada dasarnya proses ikatan silang adalah proses pembentukan ikatan kovalen yang mempunyai energi ikatan besar, sehingga sulit untuk diputus. Suatu ikatan silang mengikat tiap molekul yang akan menghasilkan struktur tiga dimensi (3D) yang mempunyai sifat tidak dapat larut dan kuat (Munder, 1996).

c. Polimerisasi Plasma

Lapisan yang didapatkan sangat tipis dengan ketebalan 50 nm, konsentrasi monomer dan tekanan tinggi dikontrol dengan cermat untuk mendapatkan ketebalan yang merata. Beberapa faktor yang penting dalam mengontrol ketebalan membran yaitu waktu polimerisasi, tekanan vakum, kecepatan aliran gas, tekanan gas. Struktur polimer yang dihasilkan umumnya sulit untuk dikontrol dan sering berikatan silang (Munder, 1996).

d. Proses Peringatan Beku (*Freeze Drying*)

Dalam proses pengeringan beku, membran yang telah didapatkan dengan proses inversi fasa dimasukkan ke dalam cairan dingin seperti heksana (60°C), dibekukan dengan cepat dalam garam dan es. Pelarut disublimasikan pada tekanan di bawah titik triple dengan menaikkan temperatur dan tekanan dengan perlahan. Kondisi pada saat proses pengeringan beku berlangsung merupakan faktor yang penting untuk mendapatkan membran dengan fluks yang tinggi (Munder, 1996).

2.2 Poliuretan

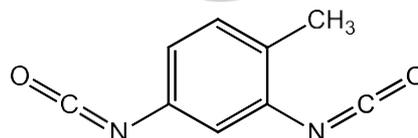
Poliuretan (PU) merupakan polimer yang telah dikenal luas oleh masyarakat, yaitu sebagai busa tempat tidur, sofa, aksesoris mobil, serat, elastomer, dan pelapis (*coating*). Produk PU mempunyai bentuk yang beragam yaitu dari plastik elastomer linier lembut sampai busa termoset yang keras dan kaku (Words, 1987). PU dihasilkan dari reaksi antara alkohol yang mengandung dua atau lebih gugus hidroksil yang reaktif

permolekul (diol atau poliol) dan isosianat yang mempunyai lebih dari satu gugus isosianat yang reaktif permolekul (diisosianat atau poliisosianat). Pada tahun 1994 Otto Bayer dan kawan-kawan membuat PU jenis serat, adhesif, pelapis dan busa secara komersil dengan proses poliadisi dari berbagai jenis poliisosianat dengan glikol dan diamin (Zhang, 1997).

Salah satu sifat PU yang baik adalah kemampuannya diubah menjadi busa, bahan pembusa seperti air, halokarbon tertentu seperti 1,1,1,3,3-penta fluoro propana serta 1,1,1,2-tetra fluoro etana, dan hidrokarbon seperti n-pentana, bisa ditambahkan sebagai arus bantu. Dalam bahan pembusa ditambahkan air yang bereaksi dengan isosianat untuk menghasilkan gas karbon dioksida, yang mengisi dan mengembangkan sel yang diciptakan dalam proses pencampuran (Das, Konwar, Mandal, dan Karak., 2012). Pengaruh perbandingan jumlah Gliserol, PEG1000 dan MDI pada sintesa poliuretan akan peningkatan sifat mekaniknya, Komposisi paling maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2, dengan kekuatan tarik adalah $41,16 \text{ N/m}^2$ dan perpanjangannya 61,88% dan kekuatan lentur adalah $657,6 \text{ N/m}^2$ (Sutiani dan Bidza, 2013).

2.3 Isosianat

Sifat akhir dari PU yang dihasilkan sangat bergantung pada jenis isosianat yang digunakan. Isosianat dapat dimodifikasi dengan berbagai cara untuk memberikan hasil dengan sifat kimia dan fisika yang berbeda. Beberapa isosianat aromatik dan alifatik terdapat secara komersial, tetapi sekitaran 95% PU yang dihasilkan menggunakan toluena diisosianat (TDI) dan difenilmetan-diisosianat (MDI) sebagai bahan dasarnya. Kedua bahan tersebut dibuat dari bahan antara petrokimia dengan proses kimia (Marlina *et al*, 2017).



Gambar 2.1 Struktur toluena diisosianat (Dokumen Pribadi)

2.4 Membran Poliuretan (PU)

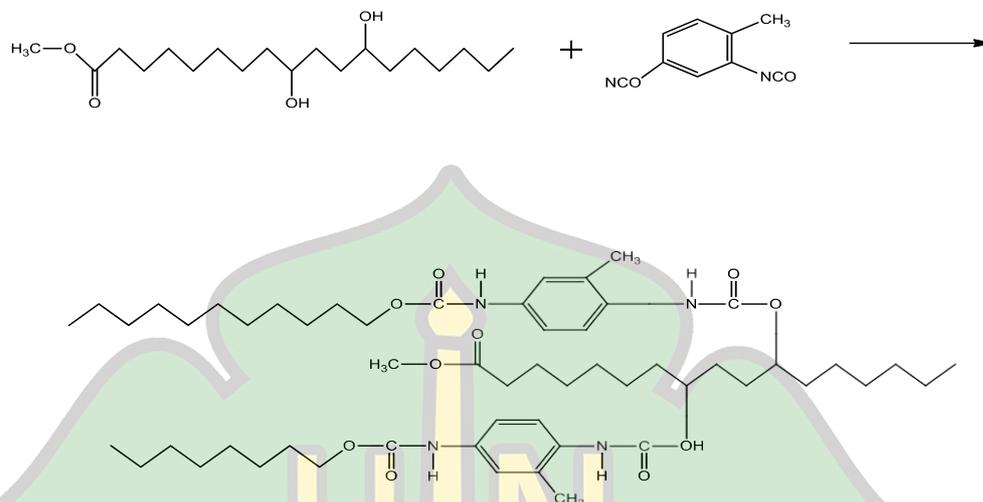
Membran PU baru dipelajari oleh Akabori dan Fujimoto tentang ketebalan membran dan metoda pengukurannya serta hubungan kedua parameter tersebut dengan sifat-sifat fisiknya. Dari hasil penelitian mereka didapatkan bahwa ketebalan sel membran busa poliuretan yang kaku rata-rata adalah 1,06 μm dan berbentuk lonjong, metoda penentuannya adalah menggunakan metoda mikroskop optik sederhana. Membran PU dapat dibuat dengan mereaksikan bahan dasar polimer PU dengan pelarut yang mempunyai parameter kelarutan yang sama atau hampir sama dengan PU, atau dengan pencetakan langsung dari bahan polimer. Sedangkan polimer PU poliadiasi berbagai bahan baku baik mono maupun polimer dan isosianat, diantaranya adalah polietilen glikol (PEG), asam laktat, sejumlah asam nukleat, fenol, karbonimida, dan residu gula. Bahan dasar tersebut direaksikan dengan berbagai jenis isosianat, antara lain toluena diisosianat (TDI), metilendipenil isosianat (MDI), dan polimer isosianat (PMDI) (Marlina *et al.* 2017).

Tabel 2.1 menunjukkan PU yang dihasilkan dari minyak jarak hasil sokletasi pada komposisi 1:1 (mol/mol) mempunyai sifat yang elastis, transparan dan homogen, dari semua hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa minyak komersial dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran PU.

Tabel 2.1 Kinerja dan sifat kualitatif membran PU dari minyak jarak (Marlina *et al.*, 2017)

Komposisi OH : TDI (mol/mol)	Kinerja		Sifat Kualitatif Membran
	Fluks L/m ² jam	Faktor Rejeksi (%)	
1 : 0,5	15,34	27,17	Lembut, transparan, kurang homogeny
1 : 0,75	16,13	31,87	Elastis, transparan, kurang homogen
1 : 1,0	17,81	23,78	Elastis, transparan, homogen
1 : 1,25	9,23	47,12	Kaku, transparan, kurang homogen

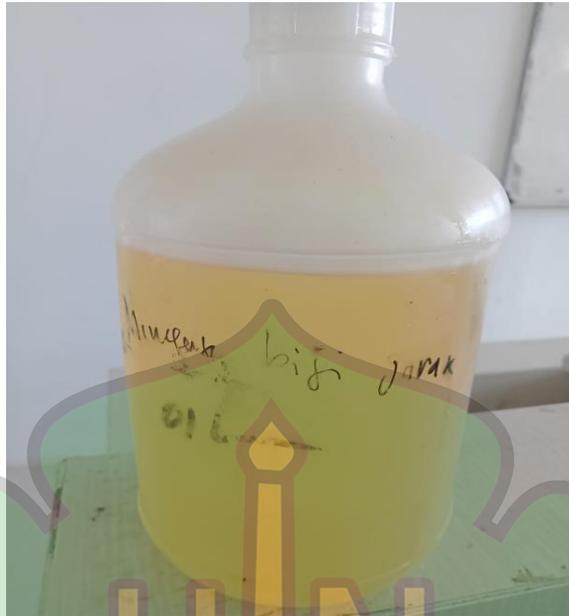
Mekanisme reaksi polimerisasi pembuatan membran PU dari minyak biji jarak dan TDI dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Mekanisme reaksi pembuatan membran PU dari minyak jarak dan TDI (Marlina *et al*, 2017).

2.5 Minyak Biji Jarak (*Ricinus Communis L*)

Kebutuhan minyak jarak dunia terus meningkat sesuai dengan kemajuan industri. Dari tahun 1995 sampai tahun 2000 kenaikan kebutuhannya sebesar 3,75% pertahun. Persentasi ini akan terus meningkat jika mempertimbangkan ketersediaan gas bumi yang semakin berkurang. Indonesia telah memproduksi minyak jarak sejak zaman penjajahan Belanda yang diekspor sebagai bahan baku pelumas. Pada masa penjajahan Jepang, rakyat Indonesia dipaksa menanam jarak untuk produksi pelumas kebutuhan Jepang. Konsumen minyak pelumas dunia cenderung menggunakan minyak pelumas nabati karena meskipun harganya mahal namun kinerjanya lebih baik dibanding minyak pelumas dari minyak bumi. Minyak jarak pada umumnya digunakan sebagai minyak pelumas pesawat terbang, peluncur roket, mesin-mesin berat dan otomotif (ASTM, 1976).



Gambar 2.3 Minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) (Dokumen Pribadi)

Hasil analisa terhadap minyak jarak (*Ricinus Communis L*) yaitu minyak hasil pemecahan (*crushing*) biji jarak didapatkan bahwa minyak tersebut mengandung asam lemak risinolein, dihidroksi stearat, oleat, linoleat dan stearat. Kandungan minyak dalam biji jarak mencapai 45–54,6%, senyawa atsiri 5,1–5,6% dan protein 12–16% (ASTM, 1976) . Minyak jarak mengandung trigliserida atau ester gliserin dari asam risinolein (80–90%) yang berfungsi sebagai bahan aktif dalam obat (Eduardo, 1951). Berdasarkan berbagai varietas yang diteliti, komposisi minyak jarak dapat dikatakan konstan. Menurut *American Oil Standard Chemical Society* (AOSCS) dan *Oil and Fat in Official Methods of Analysis of AOAC International* karakteristik minyak biji jarak adalah seperti yang tampak pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Karakteristik sifat fisika-kimia minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*)
(Marlina *et al*, 2017)

Sifat Fisiko Kimia	Nilai
Berat jenis, 25°C/25°C	0,945–0,965
Indeks bias, 25°C	1,473–1,477
Angka Iodin (Wijs), g/g	81–91
Angka penyabunan, mg/g	178–187
Bahan tak tersabunkan, mg/g	<1,0
Angka asetil, mg/g	144–150

Minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) tidak larut dalam petroleum dan minyak mineral lainnya, namun larut sempurna dalam alkohol pada temperatur kamar dan pelarut polar lainnya. Minyak biji jarak mempunyai warna yang bervariasi tergantung pada cara mendapatkannya, biasanya berwarna kuning pucat, sangat kental dan mempunyai bau khas. Bila dipanaskan sekitar 300°C selama beberapa jam, maka minyak tersebut akan terpolimerisasi dan akan larut dalam minyak mineral serta dapat digunakan sebagai minyak pelumas (ASTM, 1976).

Tabel 2.3 Data hasil analisis kromatografi gc-ms minyak biji jarak (Marlina *et al*, 2017).

Waktu Retensi (detik)	m/z	% Kelimpahan	Senyawa
18,4	282	2,3	Asam Oleat
19,12	280	8,78	Asam Linoleat
20,3	280	77,9	Asam Risinoleat
21,2	256	8,1	Asam Palmitat
22,1	-	3	Tidak dikenal

Dari hasil analisis terhadap minyak biji jarak pada tabel 2.3 dapat disimpulkan bahwa minyak biji jarak mempunyai kualitas yang sesuai seperti yang disyaratkan oleh standar AOAC dan ASTM. Dari sifat fisiko-kimianya, yaitu dari bilangan iod dan

bilangan hidroksi yang cukup besar, maka dapat diketahui bahwa minyak biji jarak tersebut dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran PU.

2.6 Silika (SiO₂)

Silikon dioksida atau silika adalah salah satu senyawa kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal enansiomorf. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl₂, H₂, asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25°C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F₂, HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat (Arifin, 2012).

Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl₂, H₂, asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25°C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F₂, HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat. Bentuk-bentuk silika merupakan beberapa struktur kristal yang penting bukan saja karena silika merupakan zat yang melimpah dan berguna, tetapi karena strukturnya (SiO₂) adalah unit yang mendasar dalam kebanyakan mineral. Kadar silika memiliki dua ciri utama yaitu:

1. Setiap atom silikon berada pada pusat suatu tetrahedron yang terdiri dari empat atom oksigen.
2. Setiap atom oksigen berada ditengah tengah antara dua atom silikon (Handayani, 2009)

Adapun sifat kimia dari silika (SiO₂) yaitu, Mineral silika mempunyai berbagai sifat kimia antara lain sebagai berikut (Bokau, 2013):

a. Reaksi Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofiorida dan asam fospat

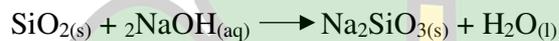


Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



b. Reaksi Basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali



Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas mulai dari bidang elektronik, mekanik, medis, seni hingga bidang-bidang lainnya. Salah satu pemanfaatan serbuk silika yang cukup luas adalah sebagai penyerap kadar air di udara. Menurut Handayani (2009) salah satu karakteristik membran adalah derajat penyerapan airnya. Nilai ini dapat menentukan sifat fisik membran apakah membran tersebut tahan air atau tidak. Sedikit atau banyaknya air yang diserap akan mempengaruhi nilai konduktivitasnya yang dihasilkan, yang akan mempengaruhi fungsi membran dalam aplikasinya. Hal ini terjadi karena peranan molekul air yang dapat membuat spesi pembawa muatan terdisosiasi dan mempermudah mobilitas spesi tersebut. Jika penyerapan air dari membran terlalu tinggi (lebih dari 70%) maka membran tersebut akan lunak sehingga ketahanan membran tersebut berkurang.

Menurut Sartika (2008) *swelling* (pembungaran) juga dapat menandakan bahwa terdapat rongga diantara ikatan dalam polimer, yang mana rongga itu dapat mempengaruhi sifat mekanik dari polimer, semakin kecil rongga maka semakin tinggi sifat mekaniknya. Dari teori-teori diatas diharapkan dengan adanya kombinasi antara silika dan membran PU dari minyak biji jarak dapat meningkatkan permeabilitas membran.



Gambar 2.4 Silika (SiO_2) bubuk (Dokumen Pribadi)

2.7 Karakterisasi

Tujuan dari karakterisasi suatu membran adalah untuk mengetahui kinerja yang baik dari suatu membran terhadap suatu larutan umpan tertentu. Hal utama yang menentukan karakteristik suatu membran adalah perselektivitas dan permeabilitas yang ditentukan oleh nilai fluks dan selektivitas membran terhadap suatu senyawa standar tertentu. Disamping itu, 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 (Marlina *et al*, 2017).

2.7.1 Karakterisasi Membran

a. Uji *Swelling*

Uji *Swelling* digunakan untuk mengetahui berapa kapasitas membran menyerap air. Uji ini dilakukan dengan cara membran PU-silika hasil sintesis ditimbang didapatkan massa membran (W_d) kemudian membran direndam dalam akuades dan ditimbang sampai diperoleh berat konstan didapatkan massa akhir membran (W_s) (Bokau, 2013).

b. Ketahanan Bahan Kimia

Ketahanan bahan kimia diuji dengan cara merendam membran pada beberapa bahan kimia. Sampel membran PU dipotong melingkar dengan diameter 2.3 cm, dikeringkan dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang sebagai berat awal (Wt0), dimasukkan pada masing-masing larutan kimia yang akan diuji, kemudian ditutup dan disimpan selama 7 hari. Setelah 7 hari, sampel diambil, lalu dicuci menggunakan aquades, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, lalu kemudian didinginkan dan ditimbang (Wt7) (Nurman, Marlina dan Saiful, 2016).

c. Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Spektroskopi yaitu metoda pengukuran dari jumlah radiasi yang diserap oleh senyawa pada berbagai panjang gelombang. Dari spektrum IR didapat informasi yang berguna tentang gugus fungsi di dalam struktur suatu molekul (Gunzler, 2002).

d. Analisis Termal

Analisa termal dilakukan dengan menggunakan alat differential thermal analysis (DTA), yaitu suatu teknik analisis dengan menentukan perbedaan temperatur (ΔT) antara sampel dan bahan pembanding selama pemanasan (Haines, 1995).

e. Analisis Kekuatan Mekanik (Uji Tarik)

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 (Words, 1987).

f. Scanning Elektron Microscope (SEM)

SEM merupakan suatu metode untuk membentuk bayangan daerah mikroskopis permukaan sampel. Pengamatan menggunakan SEM diperlukan untuk melihat struktur penampang lintang maupun permukaan membran. Jika seberkas elektron

ditembakkan pada permukaan spesimen, maka sebagian dari elektron itu akan dipantulkan dan sebagian lagi akan diteruskan. Jika permukaan spesimen tidak rata atau terdapat lubang-lubang, maka tiap-tiap bagian tersebut akan memantulkan elektron dengan jumlah dan arah berbeda. Gambar permukaan spesimen akan diperoleh bila elektron yang dipantulkan di atas ditangkap oleh detektor dan diteruskan ke sistem layar (Callister, 2003).

2.8 Penelitian yang Relevan

Penelitian Bokau (2013) yang berjudul sintesis membran kitosan termodifikasi silika abu sekam padi untuk proses dekolonisasi dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan massa silika abu sekam padi terhadap karakterisasi membran kitosa-silika dalam proses dekolonisasi zat warna. Metode yang digunakan adalah metode inversi fasa dimana proses transformasi polimer dari fasa cair ke fasa padat dapat dikendalikan. Hasil karakterisasi kapasitas penyerapan air dan permeabilitas membran menunjukkan bahwa adanya peningkatan seiring dengan penambahan massa silika abu sekam padi. Karakterisasi gugus fungsi menunjukkan adanya gugus fungsi baru yaitu -OH, -NH₂, -Si-O-R dan -Si-O-Si. Komposisi terbaik diperoleh pada membran kitosan-silika 1:2 (v/v) dengan koefisien rejeksi sebesar 88,41%. Hal ini diperkuat dengan adanya uji morfologi membran kitosan-silika 1:2 menggunakan Digital CCD *Microscope* MS -804. Penggunaan membran kitosan-silika sebanyak 8 kali dengan koefisien rejeksi 44,77% merupakan penggunaan maksimal dari membran tersebut.

Penelitian Nurman, *et.al.*, (2015) menghasilkan minyak biji karet dapat dimanfaatkan untuk pembuatan membran poliuretan. Minyak biji karet memiliki bilangan hidroksi 40,33 mgKOH/g dan bilangan iod 154,05 gI₂/g. Sintesis membran poliuretan menggunakan metode ikatan silang. Ikatan silang terbentuk dengan mereaksikan minyak biji karet sebagai sumber gugus -OH dengan heksametilen-1,6-diisosiyanat sebagai sumber gugus -NCO. Membran poliuretan yang optimum dihasilkan pada komposisi 4,55:5 (g/g) memiliki sifat homogen, kering, elastis, berwarna kuning kecoklatan, bergelombang, fluks 0,544 L/m².h.bar dan faktor rejeksi

100%. Hasil karakterisasi membran menunjukkan terbentuknya ikatan uretan pada bilangan gelombang 3480 cm^{-1} , struktur morfologi membran padat, memiliki dua tahap dekomposisi pada 210°C dan 392°C , titik transisi gelas 65°C , kekuatan tarik $1,03\text{ kgf/mm}^2$ dan elongasi $497,14\%$. Dari hasil karakterisasi membran poliuretan, membran tersebut dapat digolongkan pada tipe membran *reverse osmosis*.

Merarin *et al*, (2019) mereka melakukan penelitian yang berjudul sintesis dan karakterisasi membran silika (SiO_2). Yang bertujuan untuk mengetahui kinerja membran silika dalam pengolahan limbah cair hotel. Dan hasil penelitian menunjukkan membran silika dengan massa poli vinil alkohol 3 gram memiliki permeabilitas tertinggi yaitu $24.758\text{ L/m}^2\cdot\text{H}$.

Yatmani, Handayani, dan Husnil (2018) melakukan penelitian dengan judul studi awal pembuatan membran PU, penelitian ini bertujuan melihat efek perlakuan proses pembuatan membran PU dari senyawa PEG400 (Poli Etil Glikol) dan TDI (Toluen Diisosiyanat) dan dibandingkan dengan poliuretan komersial (PT INOAC). Proses pembuatan membran PU dibuat dengan memvariasi ratio jumlah mmol PEG:TDI dengan perbandingan (10:14, 10:16, 10:18, 10:20, 10:22 dan 10:24), dan beberapa perlakuan dibuat untuk mendapatkan kondisi optimum seperti : temperatur bahan, suhu ruang, vakum dan non vakum, teknik pengendapan dan konsentrasi beberapa jenis filler. Karakterisasi membran dilakukan dengan uji fluks untuk melihat permeabilitas membran, analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan membran, serta analisis gugus fungsi membran menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Hasil membran PU optimal diperoleh pada ratio PEG:TDI 10 : 20 (mmol/mmol) pada temperatur $<19^{\circ}\text{C}$ dengan vakum, non koagulasi terlihat morfologi dengan SEM menunjukkan permukaan yang homogen, elastik, bening, tidak membentuk busa dan gelembung. Hasil uji fluks belum dapat menentukan permeabilitas membran.

Penelitian dari Rapierna, Latifah, dan Mahatmanti (2012) membran kitosan-silika disintesis melalui proses sol gel dengan variasi konsentrasi kitosan dalam membran. Variasi membran kitosan–silika yaitu 1:1, 1,5:1, 2:1, 2,5:1, dan 3:1. Tujuan

dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik membran kitosan–silika ditinjau dari gugus fungsi, morfologi dan permeabilitasnya, mengetahui pengaruh konsentrasi kitosan terhadap selektivitas membran kitosan–silika, serta mengetahui efektivitas membran kitosan–silika dalam proses pemisahan ion logam Fe^{2+} . Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya interaksi antara kitosan–silika di dalam membran kitosan–silika. Analisis morfologi menggunakan hasil pencitraan SEM menunjukkan adanya pori-pori pada membran kitosan–silika. Hasil ini didukung dengan data analisis BET yang menunjukkan membran kitosan–silika merupakan membran yang berpori. Hasil uji swelling terhadap akuades menunjukkan bahwa membran kitosan–silika merupakan membran yang hidrofilik. Pengukuran koefisien rejeksi yang menunjukkan selektivitas membran dilakukan pada proses pemisahan ion logam Fe^{2+} . Komposisi terbaik membran kitosan–silika dalam memisahkan ion logam Fe^{2+} adalah 1:1 dengan nilai koefisien rejeksi 97,33%.

Marlina *et.al* (2017) meneliti tentang sintesis membran poliuretan menggunakan metode inversi fasa. Membran poliuretan dari minyak biji jarak terbentuk dengan mereaksikan minyak biji jarak dan TDI. Dari hasil karakterisasi membran poliuretan, membran tersebut dapat digolongkan pada tipe membran reverse osmosis karena membran-membran tersebut tidak cocok digunakan pada proses ultrafiltrasi karena pori-pori membran terlalu kecil. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa serapan untuk gugus fungsi –NCO pada bilangan gelombang 2280 cm^{-1} telah hilang, sehingga membran ini aman untuk digunakan pada proses osmosa balik. Nilai Tg dan Td membran PU dari minyak biji jarak adalah $86,5^{\circ}\text{C}$ dan $453,1^{\circ}\text{C}$. Membran bersifat semi kristalin, yang relatif besar bersifat lebih keras dan kurang fleksibel. Uji Tarik terhadap membran PU memiliki regangan yang besar dan tegangan lebih kecil. SEM menunjukkan bahwa selama proses RO permukaan membran tetap rata, homogen dan halus tanpa pori. Kondisi optimum didapatkan pada tekanan 20 kgf/cm^2 yang berasal dari komposisi 1:0,5 (mol/mol), nilai fluks optimumnya adalah 45 L/m^2 jam dengan faktor rejeksi terhadap larutan NaCl 2500 ppm sebesar 63%.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 hingga pada bulan Juni 2021. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Ar-Raniry, dan Laboratorium MIPA Unsyiah dan Laboratorium Pengujian Kimia Lhoksemawe.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Fourier Transform Infrared* (Shimadzu, Type : *Irpestige 21*), *Scanning Elektron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (Fei, Type : *Inspect-S50*), *Thermos Gravimetric Analysis* (DTG-60), *Universal Testing machine* (Control computer series 10-100 KN), matrik kaca, peralatan kaca pada laboratorium, timbangan digital, termometer, dan magnetik stirer.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Tolulen diisosianat* ($C_9H_6N_2O_2$), *Akuades* (H_2O), minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*), *Aseton* (C_3H_6), *Silika* (SiO_2), *Asam Sulfat* (H_2SO_4), *Kalium Hidroksida* (KOH), *Natrium Klorida* (NaCl), dan *Etanol* (C_2H_5OH).

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Pembuatan Membran PU Dengan Kombinasi Silika (SiO_2)

Membran dari minyak biji jarak yang dikombinasikan dengan silika dilakukan dengan menggunakan metode inversi fasa. Preparasi membran komposit PU-silika dilakukan sesuai dengan prosedur Rapierna, Latifah, dan Mahatmanti (2012). Preparasi membran dilakukan dengan mencampurkan 1,75 gram minyak biji jarak dan silika yang sudah di variasikan seperti pada tabel 3.1 dihomogenkan menggunakan *magnetic stirer* selama 30 menit. Setelah homogen ditambahkan 0,85 gram TDI dan aseton

sebanyak 2 gram (Marlina *et al*, 2017). Lalu di homogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit dan dipanaskan pada suhu 30°C dan 360 rpm.

Tabel 3.1 Membran PU dan variasi silika dalam membran PU (Rapierna, Latifah, dan Mahatmanti., 2012).

No	Membran	Massa Silika (mg)
1	Membran A	0
2	Membran B	0,5
3	Membran C	1
4	Membran D	1,5
5	Membran E	2

Campuran PU-silika dituangkan secara perlahan di atas cetakan dan diratakan. Untuk selanjutnya membran PU-silika yang di hasilkan dikeringkan di dalam oven pada suhu 25°C selama 3 hari. Setelah kering, membran PU-silika dipisahkan dari cetakan. Membran PU-silika yang di hasilkan diletakkan di dalam desikator, kemudian digunakan untuk karakterisasi kapasitas penyerapan air melalui uji *swelling*, penyerapan bahan kimia, uji termal (TGA), spektroskopi inframerah (FTIR), uji mekanik (uji tarik), dan *scanning electron microscope* (SEM).

3.4 Karakterisasi Membran PU

3.4.1 Uji Swelling

Uji *Swelling* digunakan untuk mengetahui berapa kapasitas membran menyerap air. Uji ini dilakukan dengan cara membran PU-silika hasil sintesis ditimbang, kemudian didapatkan massa membran (W_d) lalu membran direndam dalam akuades selama 24 jam, setelah direndam, ditimbang sampai diperoleh berat konstan didapatkan massa akhir membran (W_s) (Bokau, 2013).

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

3.4.2 Analisis Ketahanan Kimia

Ketahanan kimia diuji dengan cara merendam membran pada beberapa bahan kimia. Sampel membran poliuretan dipotong melingkar dengan diameter 2,3 cm, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang sebagai berat awal (wt0), dimasukkan pada masing-masing larutan asam, garam atau alkohol (NaCl 10%, KOH 3%, H₂SO₄ 3% dan etanol 25%), ditutup dan disimpan selama 7 hari. Setelah 7 hari, sampel diambil, dicuci menggunakan akuades, dikeringkan di dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang (wt7). Hasil yang optimal dari uji swelling dan ketahanan kimia dilanjutkan karakterisasi pada analisis FTIR, analisis termal, analisis uji tarik, dan analisis SEM (Nurman, Marlina dan Saiful, 2016).

$$\text{Ketahanan bahan kimia} : \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat}} \times 100\%$$

3.4.3 Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Analisis gugus fungsi membran PU dan PU-silika menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Shimadzu, Type : *Irpestige 21*) (Gunzler, 2002).

3.4.4 Analisis Termal (TGA)

Analisis termal membran PU dan PU-silika menggunakan *thermogravimetric analysis* (TGA) (DTG-60) (Haines, 1995).

3.4.5 Analisis Kekuatan Mekanik (Uji Tarik)

Kekuatan mekanik membran PU dan membran PU-silika diuji dengan alat uji tarik (*Control computer series 10-100 KN*) (Words, 1987).

3.4.6 Scanning Elektron Microscope (SEM)

Struktur morfologi membran dilihat menggunakan *scanning x-ray* (SEM-EDX) (*Fei*, Type : *Inspect-S50*) (Callister, 2003).

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Uji Swelling

Data hasil uji *swelling* pada membran PU yang telah direndam menggunakan akuades dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data hasil uji *swelling* pada membran PU

No	Membran	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Derajat Swelling (%)
1	Membran A	0,05	0,06	20
2	Membran B	0,02	0,03	50
3	Membran C	0,02	0,04	100
4	Membran D	0,05	0,15	200
5	Membran E	0,03	0,096	220

4.1.2 Hasil Uji Ketahanan Bahan Kimia

Data hasil uji ketahanan bahan kimia pada setiap membran PU yang telah direndam menggunakan larutan NaCl 10%, KOH 3%, Etanol 25%, dan H₂SO₄ 3%, dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data kehilangan berat membran setelah perendaman dalam larutan

No	Membran	Larutan	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Kehilangan Berat (%)
1	Membran A	NaCl	0,0273	0,0264	3,2967
2	Membran B	NaCl	0,0299	0,0292	2,3411
3	Membran C	NaCl	0,0207	0,0204	1,4492
4	Membran D	NaCl	0,0233	0,0237	-1,7167
5	Membran E	NaCl	0,0362	0,0359	0,8287
6	Membran A	KOH	0,0258	0,0256	0,7751
7	Membran B	KOH	0,0293	0,0285	2,7303
8	Membran C	KOH	0,0264	0,0258	2,2727
9	Membran D	KOH	0,0540	0,0551	-2,0370

10	Membran E	KOH	0,0377	0,0259	31,299
11	Membran A	Etanol	0,0484	0,0477	1,4462
12	Membran B	Etanol	0,0257	0,0252	1,9455
13	Membran C	Etanol	0,0219	0,0213	2,7397
14	Membran D	Etanol	0,0419	0,0415	0,9546
15	Membran E	Etanol	0,0377	0,0369	2,1220
16	Membran A	H ₂ SO ₄	0,0324	0,0323	0,3086
17	Membran B	H ₂ SO ₄	0,0267	0,0266	0,3745
18	Membran C	H ₂ SO ₄	0,0199	0,0198	0,5025
19	Membran D	H ₂ SO ₄	0,045	0,045	0
20	Membran E	H ₂ SO ₄	0,0268	0,0268	0

4.1.3 Hasil Uji Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Tabel 4.3 Analisis gugus fungsi membran PU-non silika dan membran PU-silika

No	Panjang gelombang membran non silika	Gugus fungsi	Panjang gelombang membran PU-silika 1,5 mg	Gugus fungsi
1	1775,55	C=O	818,82	C=C
2	2025,34	N=C=S	877,65	Si-O-Si
3	2274,17	N=C=O	959,63	Si-O-Si
4	2360,01	O=C=O	1756,26	C=O
5	2406,30	O=C=O	2024,38	N=C=S
6	2682,13	C-H	2275,14	N=C=O
7	2736,14	C-H	2682,13	C-H
8	2828,73	N-H	2736,14	C-H
9	3134,46	C=H	2829,69	N-H
10	3451,76	N-H	3067,91	C=H
11	3991,86	O-H	3135,42	C=H
12	-	-	3269,48	O-H
13	-	-	3396,79	N-H
14	-	-	3449,84	N-H
15	-	-	3782,57	O-H
16	-	-	3991,86	O-H

4.1.4 Hasil Uji Termal (TGA)

Tabel 4.4 Hasil uji termal (TGA) membran PU-silika

T1 awal	T1 akhir	T2 awal	T2 akhir	T50%	T90%	Residu
258°C	332°C	414°C	480°C	410°C	480°C	515°C 3,2%

Tabel 4.5 Hasil uji termal (TGA) membran PU-non silika

T1 awal	T1 akhir	T2 awal	T2 akhir	T50%	T90%	Residu
270°C	329°C	406°C	511°C	422°C	490°C	598°C 1,8%

4.1.5 Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik)

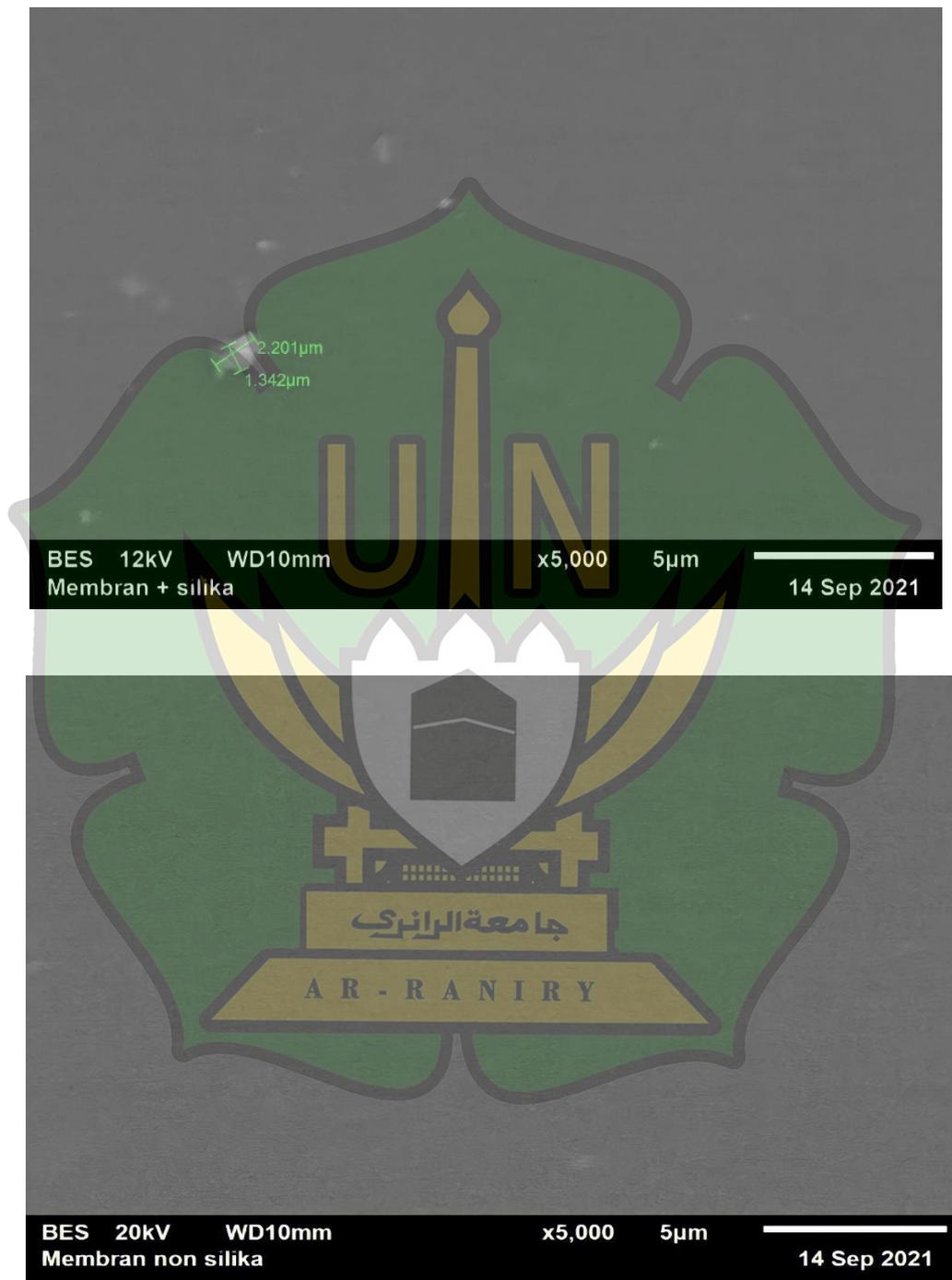
Tabel 4.6 Hasil uji mekanik (uji tarik) membran PU-silika

Specimens	Area mm ²	Max Force kgf	0.2% Y.S. kgf/mm ²	Yield Strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %
Membran PU-silika	10,500	5,9	0,24	3,39	0,56	103,25

Tabel 4.7 Hasil uji mekanik (uji tarik) membran PU-non silika

Specimens	Area mm ²	Max Force kgf	0.2% Y.S. kgf/mm ²	Yield Strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %
Membran PU	7,000	8,0	0,41	0,89	1,14	49,38

4.1.6 Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM)

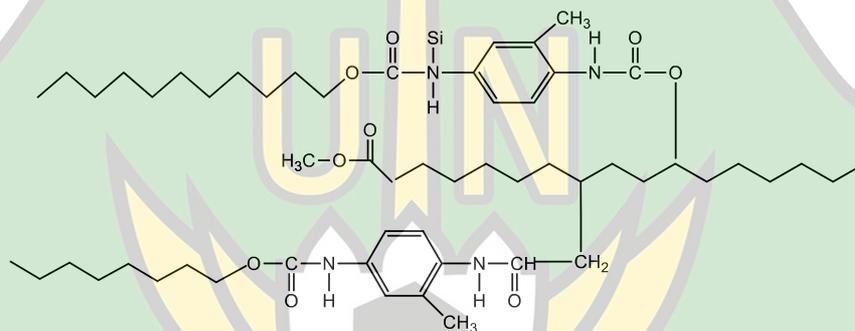


Gambar 4.1 Hasil Uji SEM membran PU-silika dan membran PU-non silika

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembuatan Membran

Metode pembuatan membran PU dengan kombinasi silika merupakan parameter penting dalam melakukan suatu penelitian. Dimana pada pembuatan membran ini nantinya akan mempengaruhi karakterisasi membran tersebut. Membran yang dibuat merupakan membran PU dengan variasi silika seperti pada tabel 3.1. Dimana membran yang dibuat berasal dari bahan alam yaitu menggunakan minyak biji jarak sebagai bahan utama dalam pembuatan membran PU yang di campurkan dengan silika sebagai bahan pengisi, kemudian diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* agar homogen, setelah homogen ditambahkan TDI sebagai pereaksi pada pembuatan membran PU dan aseton sebagai pelarut dengan pemanasan 30 °C untuk mempercepat laju reaksi selama 15 menit dengan kecepatan 360 rpm.



Gambar 4.2 Reaksi Membran PU-Silika

4.2.2 Karakterisasi Membran

4.2.2.1 Uji Swelling

Uji *swelling* pada membran dilakukan untuk mengetahui berapa besar membran menyerap air, dikarenakan air pada membran berfungsi sebagai media transpor proton tetapi jika terlalu banyak air dapat menyebabkan membran menjadi rapuh (Fitrianingsih, *et al.*, 2013). Berdasarkan tabel 4.1 uji *swelling* membran PU-silika secara umum meningkatkan *swelling* terhadap air, Singgih (2007) menyatakan semakin besar konsentrasi silika yang ditambahkan maka nilai *swelling* akan bertambah, hal ini

karena air dan silika sama-sama bersifat higroskopis dan mempunyai luas permukaan yang lebih besar. Maka didapatkan membran PU-silika dengan variasi silika 1,5 mg paling optimal, karena dengan penambahan silika sebanyak 0,5 mg pada setiap membran PU-silika, nilai *swelling* pada membran PU-silika variasi 1,5 mg mencapai 200%. Hal ini disebabkan jarak antar molekul dalam PU semakin longgar dan pori-pori yang terbentuk pada membran akan semakin besar sehingga air mudah berdifusi kedalam membran yang menyebabkan kemampuan mengembangnya besar (Muljani Srie., *et al.* 2018). Adanya gugus silanol dari silika yang dapat meningkatkan hidrofilitas membran (Rapierna, Latifah, dan Mahatmanti., 2012).

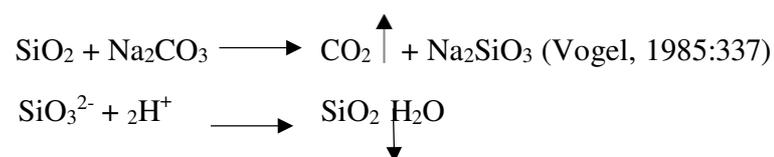
Membran PU-silika dengan variasi 2 mg dihasilkan uji *swelling* yang paling tinggi yaitu 220%, tetapi hasil yang diperoleh tidak seoptimal membran variasi 1,5 mg, hal ini dikarenakan membran PU-silika variasi 2 mg tidak mampu lagi mengikat air. Ini diakibatkan terjadinya interaksi PU-silika dengan melibatkan ikatan antara gugus amina dan gugus silanol yang mana gugus silanol yang dapat meningkatkan hidrofilitas membran (Rapierna, Latifah, dan Mahatmanti., 2012).

4.2.2.2 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). Membran PU-silika relatif tidak reaktif terhadap asam dan lebih reaktif terhadap basa ini bisa dilihat adanya penambahan berat pada membran yang direaksikan dengan basa, hal ini disebabkan oleh silika yang lebih mudah mengikat garam dan basa dibandingkan asam dan alkohol (Vogel, 1985).



Membran PU-silika bila direaksikan dengan garam menghasilkan suatu endapan sesuai dengan reaksi dibawah ini :



Berdasarkan uji ketahanan kimia diperoleh membran PU-silika 1,5 mg yang optimal, karena dilihat dari persen kehilangan berat yang paling sedikit pada larutan alkohol dan asam dan terjadi penambahan pada larutan garam dan basa. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurman, *et al.* (2015) terkait ketahanan kimia untuk membran PU pada larutan asam alkohol dan basa yang mengalami kehilangan berat $\pm 1\%$.

4.2.2.3 Hasil Uji Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Membran PU-silika dianalisis menggunakan spektroskopi FTIR dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk. Analisis ini perlu dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sintesis. Karakterisasi ini dilakukan pada membran PU-silika variasi 1,5 mg yang mempunyai karakteristik yang optimal dari keseluruhan membran dengan penambahan silika dan membran tanpa adanya penambahan silika sebagai pembanding.

Hasil serapan gelombang spektra FTIR pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa terdapat beberapa serapan baru dalam membran PU-silika dan membran PU-non silika. Serapan yang tajam dibilangan gelombang $3991.86-3782.57\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus -OH , dan -NH pada pita serapan $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus fungsi CO-NH_2 . Dan pada pita serapan $877.65-959.63\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi regangan dari Si-O-Si pada membran PU-silika, ini menunjukkan dengan penambahan silika berinteraksi dengan PU. Selain itu terdapat kenaikan intensitas serapan gugus silika yang cukup signifikan, menunjukkan kemungkinan gugus amida terikat pada silika.

Hasil analisis gugus fungsi membran PU-silika menunjukkan bahwa dalam membran PU-silika terdapat gugus Si-O dan gugus amina (NH_2). Ini sesuai dengan penelitian Rapierna., *et al.* (2012) dengan hasil analisis gugus fungsi membran kitosan-silika menunjukkan bahwa dalam membran kitosan-silika terdapat gugus Si-O -, gugus silanol (Si-OH) dan gugus amina (NH_2). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa dalam membran kitosan-silika terdapat situs aktif yaitu gugus amina dan gugus Si-O - yang mampu berikatan dengan ion logam.

Hasil analisis gugus fungsi membran PU-non silika menunjukkan bahwa dalam membran PU terdapat gugus OH, C=O dan gugus amina NH. Ini sesuai dengan penelitian Marlina., *et al.* (2017) dengan hasil karakterisasi membran poliuretan dengan komposisi optimum dengan menggunakan spektroskopi FTIR menunjukkan adanya pita serapan yang lebar dan tajam pada 3419 cm^{-1} untuk gugus N-H dari ikatan uretan. Serapan C=O dari NCO terlihat pada $1740,5\text{ cm}^{-1}$. Bilangan gelombang 1234 cm^{-1} merupakan serapan C-N dan pita tajam pada bilangan gelombang $1560,3\text{ cm}^{-1}$ diperkirakan serapan untuk ikatan rangkap yang berasal asam lemak bebas dalam minyak biji jarak.

4.2.2.4 Hasil Uji Termal (TGA)

Uji termal pada membran PU-silika dilakukan untuk mengetahui suhu degradasi akibat pengaruh panas yang diberikan. Pada penambahan membran PU-silika menunjukkan bahwa peningkatan ketahanan termal sehingga energi yang dibutuhkan untuk menginisiasi pemecahan dan pemutusan ikatan menjadi besar (Surya., *et al.* 2013).

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa membran PU-silika ada 2 tahapan degradasi yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada 332°C dengan kehilangan berat $\pm 22\%$. Degradasi membran terjadi pada suhu $258\text{--}414^{\circ}\text{C}$ terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai PU.

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa membran PU-non silika terdapat 2 tahap degradasi yang ditandai dengan penurunan massa seiring bertambahnya energi panas yang diberikan. Pengurangan massa pertama ditunjukkan pada 329°C dengan kehilangan berat 15% . Degradasi membran terjadi pada suhu dari $270\text{--}406^{\circ}\text{C}$ terjadi penurunan massa signifikan yang disebabkan pemutusan rantai PU.

Berdasarkan perbandingan dari tabel 4.4 dan tabel 4.5 dapat dilihat hasil residu yang paling tinggi terdapat pada membran PU-silika yaitu sebanyak $3,2\%$ sedangkan membran PU-non silika hanya $1,8\%$, hal ini disebabkan karena kandungan silika pada

membran PU dapat meningkatkan stabilitas membran. Hal ini diakibatkan adanya ikatan hidrogen antar molekul yang dapat membentuk kontribusi yang baik untuk stabilitas termal membran (Surya., *et al.* 2013).

4.2.2.5 Hasil Uji Mekanik (Uji Tarik)

Membran yang berkualitas tinggi adalah membran dengan sifat mekanik yang tinggi, salah satu sifat mekanik adalah uji tarik dan perpanjangan. Dimana kekuatan tarik merupakan parameter penting karena menjadi pertimbangan dalam pemilihan membran dan beberapa aplikasi lain seperti membran untuk pemisahan logam. Pada pengujian uji tarik membran PU-silika dan membran PU-non silika terdapat perbedaan yang sangat signifikan dari nilai % elongasinya. Dimana membran PU-silika menghasilkan *tensile strength* 0,56 kgf/mm² dan elongasi 103,25% yang lebih tinggi dibandingkan membran PU yang menghasilkan *tensile strength* 1,14 kgf/mm² dan elongasi 49,38%. Hal ini dikarenakan sifat dari silika yang dapat meningkatkan kuat tarik membran. Silika dapat menyebabkan ikatan intermolekul antar gugus silanol (SiOH) pada silika dengan gugus amina PU (Mahatmanti, Wahyuni. 2013). Sehingga dapat memperbaiki sifat mekaniknya dibuktikan dengan nilai *tensile strength* dan nilai elongasinya.

4.2.2.6 Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM)

Tujuan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk memberikan informasi mengenai morfologi membran. Struktur morfologi membran PU-non silika dianalisa menggunakan SEM diperlihatkan pada Gambar 4.1 dengan pembesaran 5000x untuk membran PU-non silika dengan hasil membran PU-non silika merupakan membran padat (dense) , homogen dan tidak terlihat adanya pori-pori, dan pada pembesaran 5000x untuk membran PU-silika dari gambar tersebut terlihat bahwa, membran PU-silika yang dihasilkan merupakan membran padat. Terlihat adanya struktur pori pada bagian *cross section*, ini terjadi karena adanya penambahan silika sehingga pori-pori membran semakin besar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Rapierna., *et al.* (2012) yang hasil SEM membran kitosan-silika dapat disimpulkan bahwa membran

kitosan-silika memiliki pori. Sesuai dengan hasil penelitian Liu., *et al.* (2003) yang menyebutkan silika dalam membran berfungsi sebagai porogen.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh silika pada membran PU dari minyak biji jarak (*Ricinus Communis L*) melalui metode inversi fasa dapat meningkatkan kinerja dari sifat fisik membran PU
2. Berdasarkan hasil dari karakterisasi membran PU-non silika dan membran PU-silika didapatkan membran PU-silika yang optimal pada variasi silika 1,5 mg. Karakterisasi uji *swelling* variasi silika 1,5 mg menghasilkan nilai yang paling optimal sebanyak 200%. Karakterisasi ketahanan kimia variasi 1,5 mg yang optimal. Pada karakterisasi FTIR Hasil analisis gugus fungsi membran PU-silika variasi 1,5 mg menunjukkan terdapat gugus Si-O dan gugus amina (NH₂) dan pada membran PU-non silika terdapat gugus OH, C=O dan NH. Pada karakterisasi termal membran PU-silika variasi 1,5 mg menghasilkan residu sebanyak 3.2% sedangkan membran PU-non silika hanya 1.8%. Pada karakterisasi mekanik membran PU-silika variasi 1,5 mg memiliki nilai elongasi yang lebih tinggi dibandingkan membran PU-non silika. Pada karakterisasi SEM membran PU-silika variasi 1,5 mg memiliki pori-pori dan membrannya berupa padatan sedangkan membran PU-non silika tidak memiliki pori-pori, homogen dan membrannya berupa padatan (dense).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang diberikan yaitu:

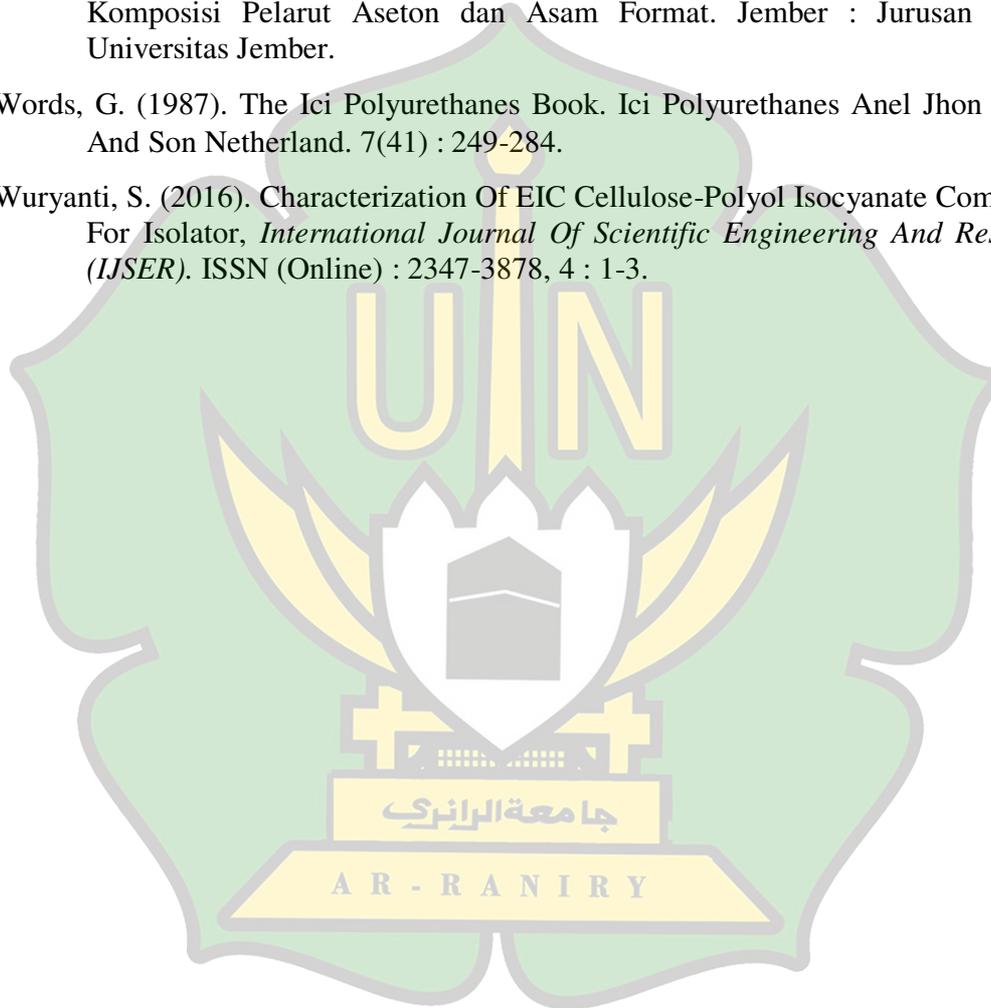
1. Membran yang dihasilkan ini bisa di aplikasikan sebagai pemisahan pada logam.
2. Karakterisasi pengujian membran XRD sebaiknya dilakukan untuk mengetahui ukuran dari SiO₂

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standards. (1976). D-368, Washington, D.C., USA.
- Arifin, N. (2012). Sintetis Membran Kitosan-Silika Dan Aplikasinya Untuk Filtrasi Air Sadah. *Skripsi*. Prodi Kimia FMIPA UNNES : Semarang.
- Bokau, S. N. (2013). Sintetis Membran Kitosan Termodifikasi Silika Abu Sekam Padi Untuk Proses Dekolorisasi. *Skripsi*. Semarang : Prodi Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Callister, W. D. (2003). *Materials Science And Engineering : An Introduction*, John Wiley And Sons Pte. Ltd. India. 54(56) : 108-112.
- Das, B., Konwar, U., Mandal, M., & Karak, N. (2012). Sunflower Oil Based Biodegradable Hyperbranched Polyurethane As A Thin Film Material, *Industrial Crop And Products*, 44 : 396-404.
- Eduardo Q. (1963). Technical Bulletin Medicinal Plants of Philippines, New York.
- Fitrianingsih, E., Yusmaniar, & Afrizal. (2013). Pengaruh Penambahan Silika Terhadap Membran Sulfonasi Polieter Eter Keton – Akrilonitrilbutadiena Stirena. *JRSKT*. 3 (1) : 251-256.
- Goddard, R. J. & Cooper, S. L. (1995), Polyurethane Cationomers with Pendant Trimethylammonium Groups. Fourier Transform Infrared Temperature Studies, *Macromolecules*, 28 : 1390-1400.
- Gunzel, H., John, W., & Sons, W. (2002). IR Spectroscopy : An Introduction, 4(6) : 283-286.
- Haines, P. J., (1995). Termal Methods Of Analysis : Principles, Applications, And Problems, Blackie, London, 22-65.
- Handayani, Ed. (2009). Sintesa Membran Nanokomposit Berbasis Nanopartikel Biosilika Dari Sekam Padi Dan Kitosan Sebagai Matriks Biopolymer. *Makalah Penelitian*. IPB : Semarang
- Hartono, S., Handayani, S., Marlina, L., & Latifah. (2007). Pengaruh Silika Pada Membran Elektrolit Berbasis Polieter Eter Keton. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*. 8(3) : 205-208.
- Liu, J., Xin, C., Zhengzhong, S., & Ping Z. (2003). Preparation And Characterization Of Chitosan/Cu (II) Affinity Membrane For Urea Adsorption. Inc. *J Appl Polymsci*, 90 : 1108-1112.
- Marlina, Saiful, Mustanir, Saleha S., Rahmi F., Murniana & Khairan. (2017). *Sintesis Membran Poliuretan Berbasis Bahan Alam*. Banda Aceh : Syiah Kuala University Press.

- Merarin, S. P., Utami, P. S., & Pinem, A. J. (2019). Sintetis Dan Karakterisasi Membran Silika (SiO₂). *Jom FTEKNIK* 6(1) : 1-5.
- Muliawati, C. E., (2012). Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi Untuk Pengolahan Air. Tesis. Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro : Semarang
- Muljani, S., Kusuma, A. K., Nofitasari, L., Amalia, R. A., Hapsari, N. (2018). Sintesis Membran Kitosan Silika dari Geothermal Sludge. *Jurnal Teknik Kimia*. 13 (1).
- Munder, M. (1996). *Basic Principles Of Membran Technology Second Edition*. Dorddercht : Kluwer Acedemic Publisher.
- Nurman, S., Marlina, & Saiful. (2016). Membran Poliuretan Dari Minyak Biji Karet (*Rubber Seed Oil*) Dengan Heksametilen-1,6-Diisodiat Sintesis. *Jurnal Natural*. 16(1) : 33-34.
- Repierna, A., Latifah & Mahatmanti, W. F. (2012). Sintetis Dan Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Sebagai Membrane Pemisah Ion Logam Fe²⁺. *Indo J Chem. Sci*. 1(1) : 38-42.
- Rohaeti, E., & Suyanta. (2011). Analisa Sifat Termal Poliuretan Berbasis Minyak Jarak dan Toluena diisodiat dengan Teknik DTA dan TGA. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*. Pendidikan dan Penerapan MIPA. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. 95-108
- Sartika, & Huang, K.S. (2008). *Preparation Anel Properties Of PAA- Chitosan/SiO₂ Hybrid Materials*. Kun Shan University Taiwan. 1-20.
- Singgih, Handayani, S., Marlina, L., & Latifah. (2007). Pengaruh Silika pada Membran Elektron Berbasis Poliuretan Eter Keton. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*. Jurusan Teknik Kimia. FTI-ITI. 8 (3) : 205-208.
- Sulastri, S., & Kristianingrum, S. (2010). Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintetis Karakterisasi dan Pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*. Pendidikan dan Penerapan MIPA. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. 211-216.
- Surya, Rachmat, D., Pramono, Edi, Crysandi, Ryan dan & Hartini. (2013). Pemanfaatan Polistirena Limbah Bungkus Makanan dan Zeolit Alam Sebagai Membran Komposit Polistirena Persulfokasi/Kitosan Vanillin/Zeolit untuk Aplikasi Membran Polimer Elektrolit dalam Sel Bahan Bakar. *Program Ilmiah Mahasiswa Nasional*.
- Sutiani A., & Bidza, K. R. (2013). Pengaruh Variasi Komposisi Giserol, PEG 1000 Dan MDI Terhadap Sifat Mekanik Perak Poliuretan. *Prosiding Seminar FMIPA*. Universitas Lampung.

- Valentine, D. A., Aprilia, S., & Djuned, F. M. (2019). Sintesis Membran Kitosan-Silika Abu Sekam Padi Untuk Penurunan logam Berat Cu Dengan Proses Ultrafiltrasi. *Serambi Engineering*. IV : 573-582.
- Vogel. (1985). *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta : PT. Kalman Media Pustaka.
- Windayanti, N. (2013). Karakteristik Membran Solulosa Asetat dengan Variasi Komposisi Pelarut Aseton dan Asam Format. *Jember : Jurusan Kimia Universitas Jember*.
- Words, G. (1987). *The Ici Polyurethanes Book*. Ici Polyurethanes Anel Jhon Wiley And Son Netherland. 7(41) : 249-284.
- Wuryanti, S. (2016). Characterization Of EIC Cellulose-Polyol Isocyanate Composite For Isolator, *International Journal Of Scientific Engineering And Research (IJSER)*. ISSN (Online) : 2347-3878, 4 : 1-3.



Lampiran

Lampiran 1. Contoh Perhitungan

Uji swelling

$$\text{Uji swelling Membran A} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.06 - 0.05}{0.05} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

$$\text{Uji swelling Membran B} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.03 - 0.02}{0.02} \times 100\%$$

$$= 50\%$$

$$\text{Uji Swelling Membran C} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat Awal}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.04 - 0.02}{0.02} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

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

$$= \frac{0.15 - 0.05}{0.05} \times 100\%$$

$$= 200\%$$

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

$$= \frac{0.096 - 0.03}{0.03} \times 100\%$$

$$= 220\%$$

Uji Ketahanan Bahan Kimia

$$\begin{aligned} \text{Membran A NaCl} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0273 - 0.0264}{0.0273} \times 100\% \\ &= 3.2967\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran B NaCl} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0299 - 0.0292}{0.0299} \times 100\% \\ &= 2.3411\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran C NaCl} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0207 - 0.0204}{0.0207} \times 100\% \\ &= 1.4492\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran D NaCl} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0233 - 0.0237}{0.0233} \times 100\% \\ &= -1.7167\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran E NaCl} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0362 - 0.0359}{0.0362} \times 100\% \\ &= 0.8287\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran A KOH} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0258 - 0.0256}{0.0258} \times 100 \\ &= 0.7751\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran B KOH} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0293 - 0.0285}{0.0293} \times 100\% \\ &= 2.7303\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran C KOH} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0264 - 0.0258}{0.0264} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 2.2727\%$$

Membran D KOH $= \frac{0.0540 - 0.0551}{0.0540} \times 100\%$

$$= 2.0370\%$$

Membran E KOH $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100$

$$= \frac{0.0377 - 0.0259}{0.0377} \times 100\%$$

$$= 31.299\%$$

Membran A Etanol $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

$$= \frac{0.0484 - 0.0477}{0.0484} \times 100\%$$

$$= 1.4462\%$$

Membran B Etanol $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

$$= \frac{0.0257 - 0.0252}{0.0257} \times 100\%$$

$$= 1.9455\%$$

Membran C Etanol $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

$$= \frac{0.0219 - 0.0213}{0.0219} \times 100\%$$

$$= 2.7397\%$$

Membran D Etanol $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

$$= \frac{0.0419 - 0.0415}{0.0419} \times 100\%$$

$$= 0.9546\%$$

Membran E Etanol $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

$$= \frac{0.0377 - 0.0369}{0.0377} \times 100\%$$

$$= 2.1220\%$$

Membran A H₂SO₄ $= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

$$= \frac{0.0324 - 0.0323}{0.0324} \times 100\%$$

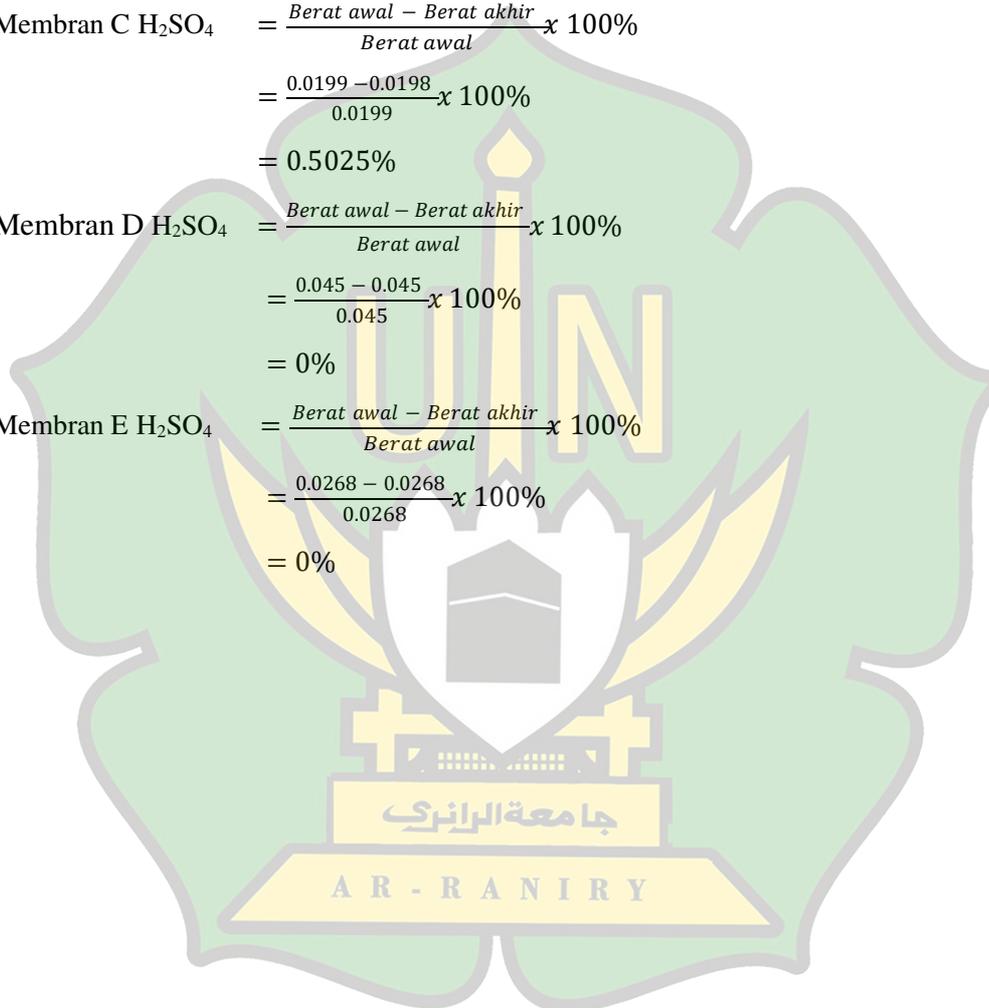
$$= 0.3086\%$$

$$\begin{aligned} \text{Membran B H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0267 - 0.0266}{0.0267} \times 100\% \\ &= 0.3745\% \end{aligned}$$

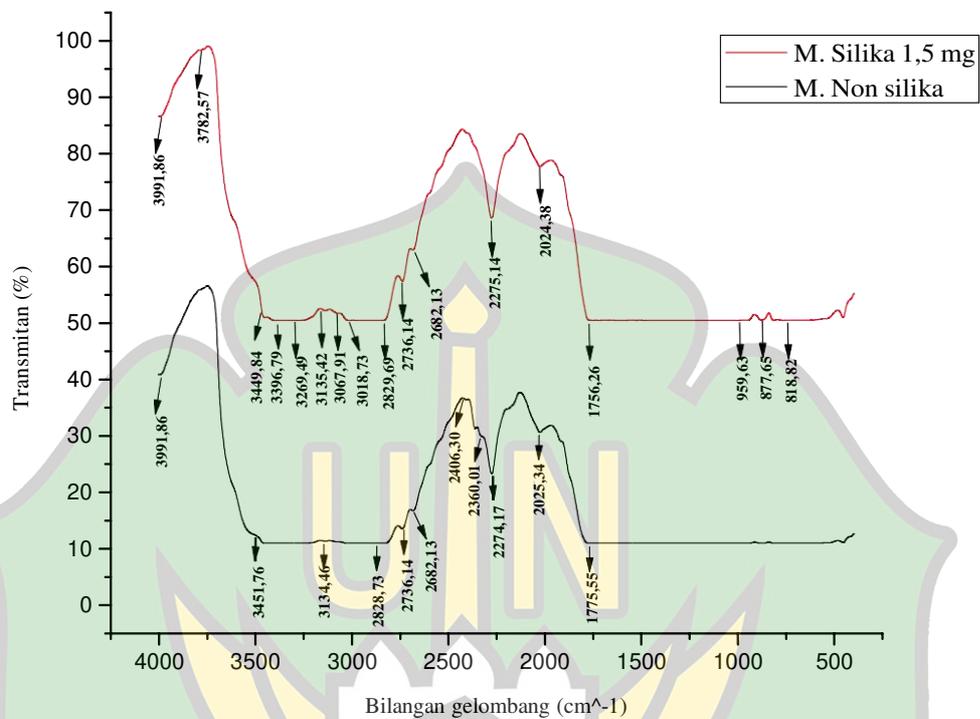
$$\begin{aligned} \text{Membran C H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0199 - 0.0198}{0.0199} \times 100\% \\ &= 0.5025\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran D H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.045 - 0.045}{0.045} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Membran E H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0268 - 0.0268}{0.0268} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$



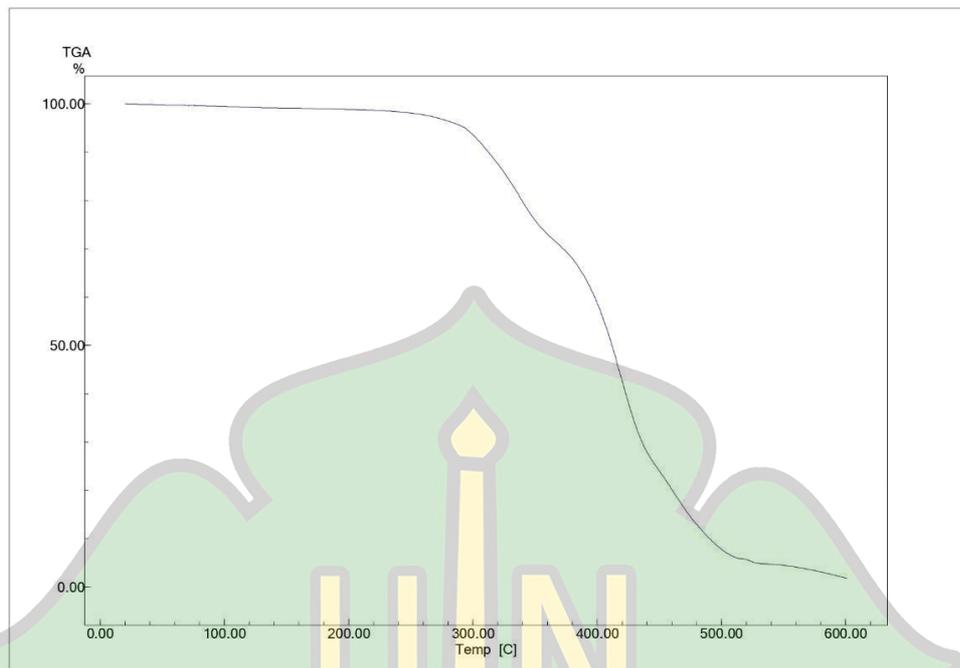
Lampiran 2. Grafik



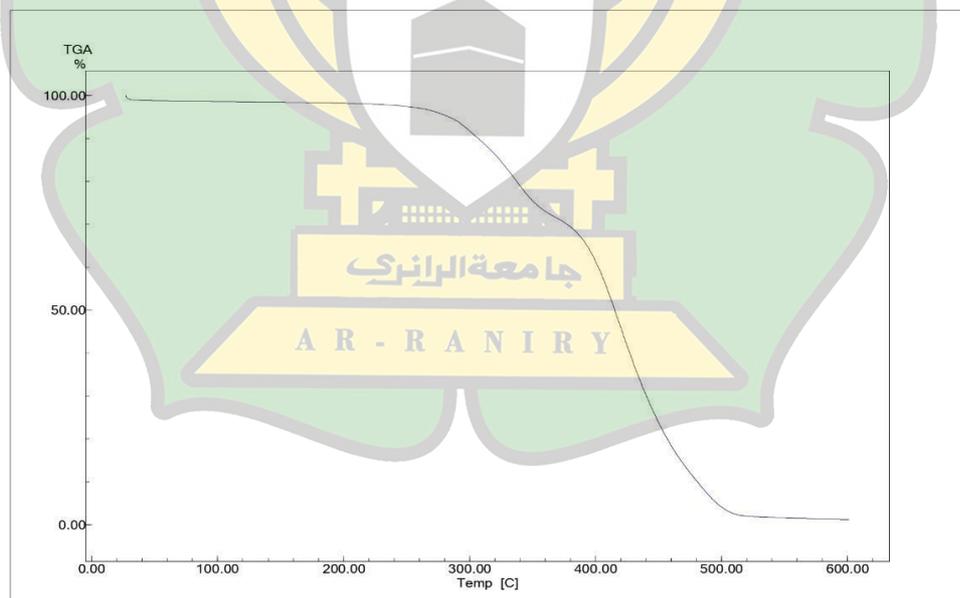
Gambar 1. FTIR

جامعة الرانيري

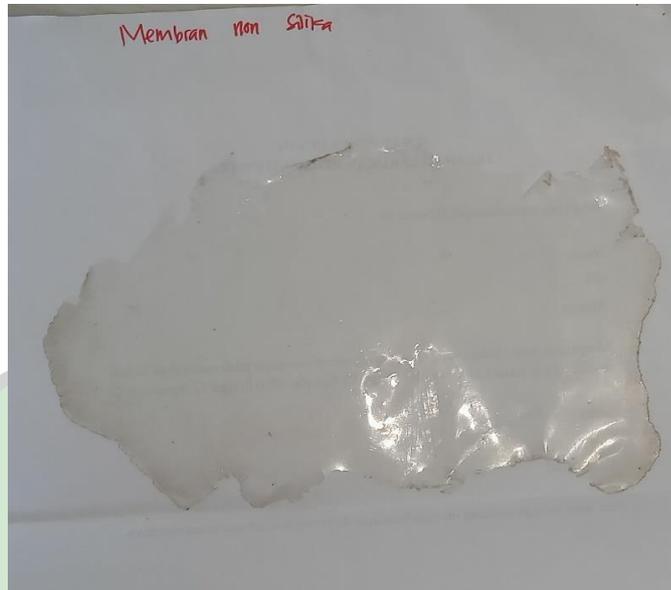
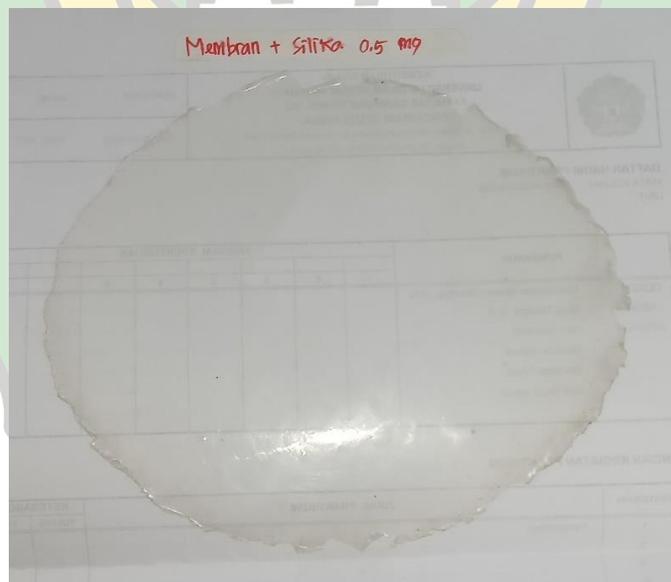
AR - RANIRY

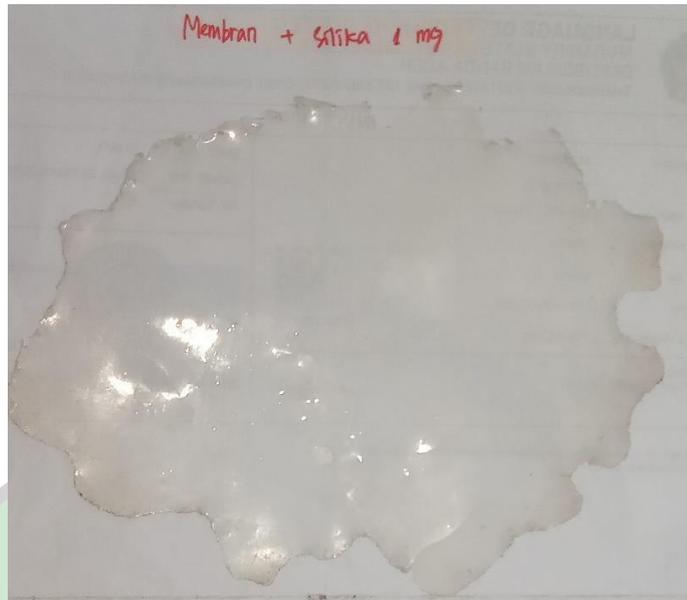


Gambar 2. TGA non silika (A)

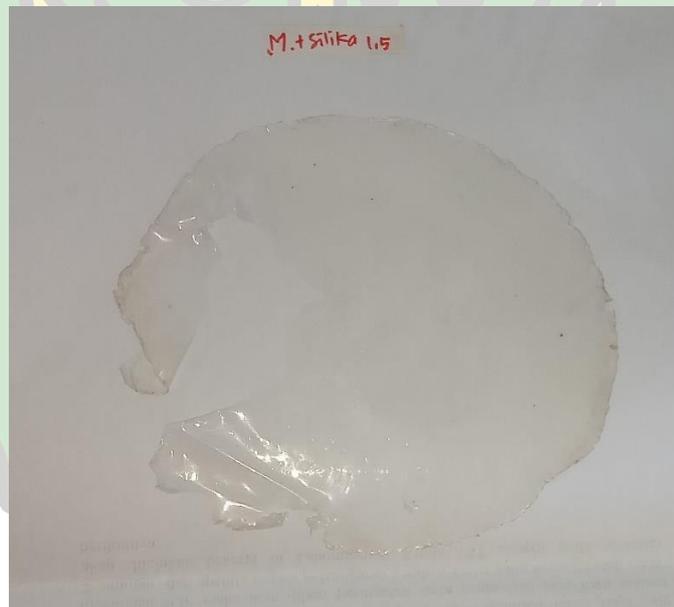


Gambar 3. TGA silika 1.5 mg (D)

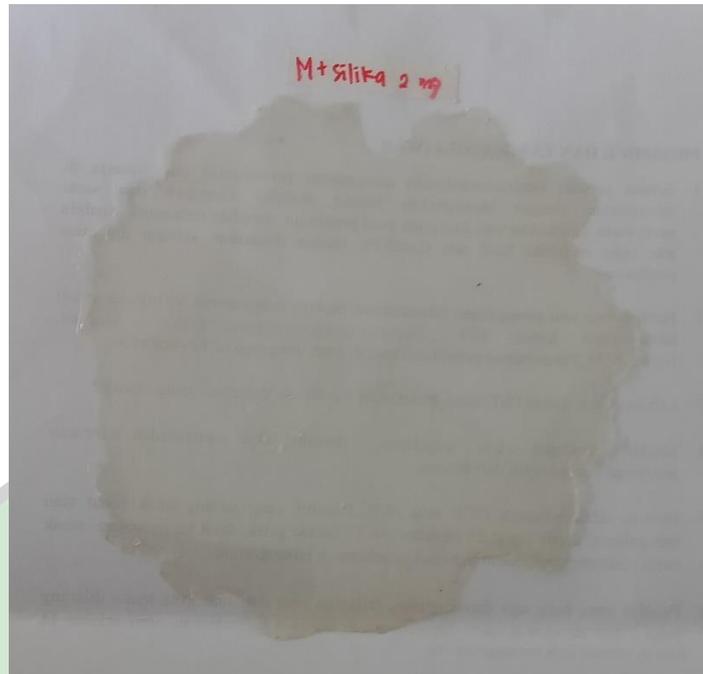
Lampiran 3. Foto Proses Penelitian**Gambar 1. Membran PU****Gambar 2. Membran PU-silika 0.5 mg**



Gambar 3. Membran PU-silika 1 mg



Gambar 4. Membran PU-silika 1.5 mg



Gambar 5. Membran PU-silika 2 mg



RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Miratul Khairi
NIM : 170704012
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Tempat, Tanggal Lahir : Blang Pidie, 07 Mei 2000
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Desa Kuta Tinggi, Kec. Blang pidie,
Kab. Aceh Barat Daya, Aceh
Telp/Hp : 081362128507
Email : miratul.khairi2000@gmail.com



Latar Belakang Pendidikan

2004-2005 : TK Asiyah
2005-2011 : MIN Blang Pidie
2011-2014 : SMP N 1 Susoh
2014-2017 : SMA N 1 ABDYA
2017-2021 : S1 Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam
Negeri Ar-Raniry Banda Aceh