



Sintesis dan Karakterisasi Membran Poliuretan dari Minyak Biji Karet dan Heksametilen-1,6-diisocyanat

Synthesis and Characterization Polyurethanes Membranes of Rubber Seed Oil and Hexamethylene-1,6-diisocyanate

Salfauqi Nurman¹, Marlina^{1,2*}, Saiful^{1,2}, Sitti Saleha^{1,2}

¹ Program studi Magister Kimia, Pascasarjana Universitas Syiah Kuala, Jalan Tgk. Chiek Pante Kulu No.5, Darussalam, Banda Aceh 23111 dan ² Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Syiah Kuala, Jalan T. Tanoh Abbbe No. 3, Darussalam, Banda Aceh 23111.

*E-mail: marlina_rachman@yahoo.com.

Abstrak

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-diisocyanat 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 kgf/mm² dan elongasi 497,14%. Dari hasil karakterisasi membran poliuretan, membran tersebut dapat digolongkan pada tipe membran *reverse osmosis*.

Kata kunci: Heksametilen-1,6-diisocyanat, karakterisasi membrane, poliuretan, minyak biji karet

Abstract

Rubber seed oil can be used for the synthesis of polyurethane membranes. Rubber seed oil has a hydroxyl number 40.33 mgKOH/g and iodine number 154.05 gI₂/g. Synthesis of polyurethane membranes using crosslinking, Crosslinking is formed by reacting a rubber seed oil as a source of -OH group with hexamethylene-1,6-diisocyanate as a source -NCO group. Optimum polyurethane membrane which is produced on the composition of 4.55: 5 (g/g) has a homogeneous nature, dry, elastic, brownish yellow, wavy, flux of 0.544 L/m².h.bar and rejection factor of 100%. Membrane characterization results indicate the formation of a urethane bond at wave number 3480 cm⁻¹, the structure of dense membrane morphology, has two stages of decomposition at 210°C and 392°C, the glass transition point 65°C, tensile strength of 1.03 kgf/mm² and elongation 497.14%. Characterization of the results of a polyurethane membrane, the membrane can be classified on the type of reverse osmosis membranes.

Keywords: Hexamethylene-1,6-diisocyanate, membrane characterization, polyurethane, rubber seed oil,

1. Pendahuluan

Poliuretan merupakan polimer yang banyak digunakan sebagai busa tempat tidur, sofa, asesoris mobil, serat, elastomer dan pelapis. Produk poliuretan mempunyai bentuk yang beragam yaitu dari plastik elastomer linier yang lembut sampai busa termoset yang keras dan kaku (Bakare dkk., 2010; Yang dkk., 2011; Das dkk., 2012; Gurunathan dkk., 2014; Zhang dkk., 2014; Datta, Głowińska, 2014). Poliuretan merupakan jenis polimer heteropolimer atau kopolimer yang tersusun dari monomer-monomer yang berbeda, sehingga penamaan poliuretan diambil dari jenis ikatan yang terbentuk.

Polimer poliuretan terdiri dari sebuah rantai organik yang dihubungkan oleh ikatan uretan (-NHCOO-). Ada dua metode utama untuk pembuatan poliuretan yaitu reaksi biskloroformat dengan senyawa diamin dan reaksi diisocyanat dengan senyawa dihidrasi (Stevens, 1989; Ramanathan dkk., 1999).

Pembuatan poliuretan dengan metode reaksi diisocyanat dengan senyawa dihidrasi, yaitu dengan cara mereaksikan senyawa yang mengandung gugus isocyanat -NCO yang reaktif dengan senyawa yang mengandung gugus hidroksi -OH yang reaktif. Sehingga dapat membentuk ikatan uretan (-NHCOO-).

Reaksi polimerisasi yang terjadi adalah polimerisasi adisi (Stevens, 1989; Das dkk., 2012; Gurunathan dkk., 2014; Datta, Głowińska, 2014; Min dkk., 2014).

Marlina (2007) mensintesis membran poliuretan dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dan asam lemak yang telah teroksidasi, yang berasal dari minyak jarak dengan 2,4-toluen diisocyanat (TDI). Membran yang dihasilkan bersifat transparan, elastis, homogen, kuat, mempunyai titik transisi gelas 127,4°C dan kekuatan tarik 41,7 MPa. Tahun 2010 Marlina juga telah mensintesis membran poliuretan dari karagenan dan 2,4-toluen diisocyanat (TDI). Membran poliuretan optimum yang dihasilkan mempunyai sifat kuat, elastis, transparan, kekuatan tarik 340 kgf/mm², elongasi 9%, titik transisi gelas 243,6°C, titik leleh 423,02°C, fluks 39,2 L/m².h dan faktor rejeksi 45,9%.

Humberto dkk. (2013) telah membandingkan dua jenis membran poliuretan, yang disintesis dari termoplastik poliuretan komersial dan poliuretan yang disintesis dari minyak jarak dengan 4-4-disikloheksilmetan diisocyanat. Hasil evaluasi dua membran tersebut dapat disimpulkan bahwa membran poliuretan dari minyak jarak menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan membran dari poliuretan komersial. Biji karet mengandung minyak 40-50% (17-21% asam oleat, 35-38% asam linoleat, 21-24% asam linolenat, 1% asam arachidic, 5-12% asam stearat, 9-12% asam palmitat, dan 2-20% asam lemak bebas lainnya) (Novia dkk., 2009; Setyawardhani dkk., 2010). Minyak biji karet memiliki warna (*lovinbond*) 22R;23,2Y, berat jenis 0,916, bilangan asam 43,62 mg KOH/g, asam lemak bebas 21,4, bilangan penyabunan 202,91 mg/g dan bilangan iodine 136,21 g I₂/100g (Bakare dkk., 2010).

Minyak biji karet mengandung trigliserida atau ester gliserol dan asam lemak bebas. Asam lemak bebas ini mengandung dua gugus fungsi, yaitu gugus hidroksi dan ikatan rangkap yang dapat digunakan sebagai sumber -OH. Pada penelitian ini minyak biji karet dimanfaatkan sebagai sumber -OH, yang direaksikan dengan heksametilen-1,6-diisocyanat sebagai sumber -NCO untuk sintesis membran poliuretan. Sintesis membran poliuretan menggunakan metode ikatan silang (Mulder, 1996). Kinerja membran sangat ditentukan oleh sifat fisik, kimia dan mekanik membran. Oleh karena itu pada penelitian ini diuji variasi komposisi heksametilen-1,6-diisocyanat dengan tujuan

untuk mendapatkan sifat membran yang optimum. Membran poliuretan yang dihasilkan digunakan untuk menyaring logam merkuri pada air sumur yang berada disekitar penambangan emas.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas, timbangan analitik, alat soklet, *rotary evaporator*, oven, hotplet, magnetik stirer, modul membran (rakitan), *atomic absorption spectrophotometry* (AAS), *fourier transform infrared* (FTIR), *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS), *scanning elektron microscope-energy dispersive x-ray* (SEM-EDX), *thermogravimetric analysis* (TGA), *differential thermal analysis* (DTA) dan alat uji tarik.

Bahan-bahan yang digunakan adalah, heksametilen-1,6-diisocyanat (HMDI), kloroform, aquades, asam asetat, fenofalein (pp), KOH, KI, Na₂S₂O₃, indikator amilum, n-heksan, NaCl, H₂SO₄, metanol. Sampel yang digunakan, yaitu biji karet yang diambil dari perkebunan warga di Desa Gunong Kleng, Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh dan air sumur sebagai umpan diambil dari sumur yang berdekatan dengan tempat pengolahan emas, di Desa Datar Luas, Kecamatan Krueng Sabee, Kabupaten Aceh Jaya, Provinsi Aceh.

2.2. Ekstraksi Minyak Biji Karet

Proses ekstraksi minyak biji karet dimulai dari proses pembersihan biji karet, dikupas dan dikeringkan pada suhu kamar, dihaluskan menjadi serbuk, diekstrak menggunakan soklet dengan pelarut n-heksan pada suhu 80°C selama 4 jam. Untuk memisahkan minyak biji karet dan n-heksan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 60°C selama 30 menit.

2.3. Karakterisasi Minyak Biji Karet

2.3.1. Analisis bilangan hidroksi

Bilangan hidroksi ditentukan dengan menimbang 2 gram sampel ditambahkan 4 mL reagen asetilasi, kemudian dipanaskan sampai suhu 98°C selama 2 jam, didinginkan pada temperatur kamar, ditambahkan 6 mL aquades, dibilas tutup dan dinding botol. Kemudian didiamkan selama 24 jam, ditambahkan indikator pp 1% sebanyak 3-4 tetes dan dititrasi dengan larutan KOH 0,5 N.

2.3.2. Analisis bilangan iod

Bilangan iod ditentukan dengan menimbang sekitar 0,03-0,04 gram sampel, kemudian dimasukkan kedalam labu erlenmeyer, ditambahkan 10 mL kloroform dan 30 mL larutan hanus, sampel disimpan selama 30 menit di tempat gelap. Setelah itu ditambahkan 10 mL larutan KI 15 % dan 100 mL aquades, dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N sampai terjadi perubahan warna menjadi kekuning-kuningan, ditambahkan 1-2 mL larutan amilum dan dititrasi kembali dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N sampai larutan berubah menjadi jernih.

2.3.3. Analisis komponen minyak

Analisis komponen minyak biji karet menggunakan *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) (*GC2010 MSQP 2010S Shimadzu*), dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, UGM, Yogyakarta.

2.4. Pembuatan Membran Poliuretan

Pembuatan membran poliuretan menggunakan metode ikatan silang dengan cara mereaksikan minyak biji karet dengan heksametilen-1,6-diisosiyanat. Minyak biji karet 4,55 gram, ditambah heksametilen-1,6-diisosiyanat variasi komposisi 1, 3, 4, 5 dan 7 gram, diaduk menggunakan magnetik stirer pada suhu 90-100°C selama 60 menit, dicetak di dalam cawan petri, kemudian dicuring dalam oven pada suhu 165-170°C selama 8 jam. Setelah membran terbentuk, maka membran dilepas dalam air yang mengalir dengan bantuan spatula.

2.5. Karakterisasi Membran Poliuretan

2.5.1. Proses filtrasi

Proses filtrasi dengan cara *dead-end*, menggunakan modul membran (rakitan). Membran dengan luas permukaan 22,051 cm^2 dipasang pada modul, dimasukkan 50 mL air sumur sebagai umpan ke dalam modul, tekanan dinaikkan perlahan-lahan sampai 20 bar, dihitung volume permeat yang dihasilkan setelah 20 menit.

2.5.2. Penentuan konsentrasi umpan dan permeat

Penentuan konsentrasi logam merkuri pada umpan dan permeat, menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) (AA-6300), dilakukan di Laboratorium Instrumen, Jurusan Kimia FMIPA UNSYIAH, Banda Aceh.

2.5.3. Analisis gugus fungsi

Analisis gugus fungsi membran poliuretan menggunakan *fourier transform infrared* (FTIR) (*Agilent resolution pro cary 630 FTIR spectrometer*), dilakukan di Laboratorium Instrumen, Jurusan Kimia FMIPA UNSYIAH, Banda Aceh.

2.5.4. Struktur morfologi membran

Struktur morfologi membran dilihat menggunakan *scanning elektron microscope-energy dispersive x-ray* (SEM-EDX) (*Tabletop microscope 3000*), dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin FT UNSYIAH, Banda Aceh.

2.5.5. Analisis termal

Analisis termal membran poliuretan menggunakan *thermogravimetric analysis* (TGA) (*SDT Q600*) dan *differential thermal analysis* (DTA) (*SDT Q600*), dilakukan di Laboratorium Terpadu USU, Medan.

2.5.6. Analisis mekanik

Kekuatan mekanik membran diuji dengan alat uji tarik (*Control komputer series 10-100 KN*), dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Fisika FMIPA UNSYIAH, Banda Aceh.

2.5.7. Analisis ketahanan kimia

Ketahanan kimia diuji dengan cara merendam membran pada beberapa bahan kimia. Sampel membran poliuretan dipotong melingkar dengan diameter 2,3 cm, dikeringkan dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang sebagai berat awal (w_{t0}), dimasukkan pada masing-masing larutan (NaCl 10%, KOH 3%, aquades, air sumur, H_2SO_4 3% dan metanol 25%), ditutup dan disimpan selama 7 hari. Setelah 7 hari, sampel diambil, dicuci menggunakan aquades, dikeringkan dalam oven pada suhu 115°C selama 15 menit, didinginkan dan ditimbang (w_{t7}).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Minyak Biji Karet

Proses ekstraksi minyak biji karet dimulai dengan pengupasan biji karet, 1 Kg biji karet menghasilkan 612,40 gram daging biji dan 387,60 gram kulit biji karet. Setelah pengeringan daging biji untuk mengurangi kadar air dalam daging biji, daging biji karet berkurang menjadi 411,85 gram. Proses ekstraksi minyak biji karet menghasilkan

minyak 167,86 gram atau 40,76% (g/g). Hasil penelitian lain menyebutkan kandungan minyak dalam biji karet sebanyak 40-50% (Novia dkk., 2009; Styawardhani dkk., 2010). Minyak biji karet yang dihasilkan berwarna kuning dengan berat jenis 0,9108 g/cm³.

3.2. Karakterisasi Minyak Biji Karet

3.2.1. Bilangan hidroksi dan bilangan iod minyak biji karet

Penentuan bilangan hidroksi dan bilangan iod, bertujuan untuk mengetahui jumlah gugus -OH dan jumlah ikatan rangkap pada minyak. Komponen-komponen berhubungan langsung dengan material untuk pembuatan membran poliuretan. Bilangan hidroksi dan bilangan iod minyak biji karet yang dihasilkan berturut-turut yaitu 40,33 mg KOH/g dan 154,05 gI₂/g. Hasil penelitian lain juga menyebutkan hasil yang sama (Bakare dkk., 2010; Wildan dkk., 2014).

3.2.2. Komponen minyak biji karet

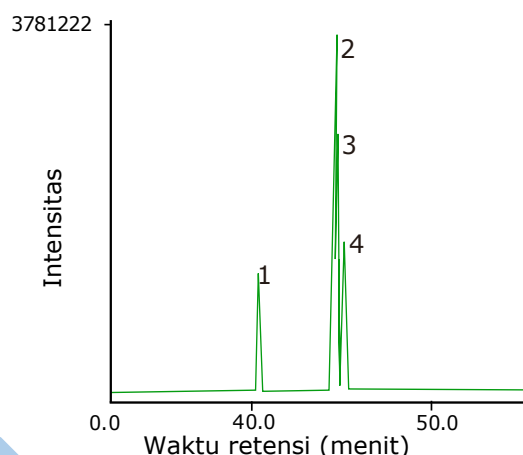
Hasil analisis komponen minyak biji karet terlihat pada Gambar 1 dan Tabel 1. Gambar 1 menunjukkan kromatogram GC minyak biji karet, ada 4 puncak yang dihasilkan. Puncak tersebut difragmentasi pada MS untuk melihat berat molekul (m/z) dari masing-masing puncak. Hasil m/z dari masing-masing puncak (Tabel 1) disesuaikan dengan data referensi. Sehingga dari keempat puncak tersebut dapat diketahui jenis senyawanya.

Senyawa yang dihasilkan dari keempat puncak tersebut adalah asam palmitat, asam linoleat, asam oleat dan asam stearat. Asam linoleat memiliki persen kelimpahan yang terbesar yaitu 41,06%. Hasil penelitian lain juga menyebutkan kandungan terbesar minyak biji karet adalah asam linoleat (Novia dkk., 2009; Setyawardhani dkk., 2010; Bakare dkk., 2010). Minyak biji karet yang dihasilkan mengandung asam lemak jenuh

20,35% dan asam lemak tak jenuh 79,65%.

Tabel 1. Hasil GC-MS Minyak biji karet

| Puncak | Waktu retensi (menit) | Kelimpahan (%) | Intensitas | Berat molekul (m/z) | Senyawa |
|--------|-----------------------|----------------|------------|---------------------|---------------|
| 1 | 40,79 | 9,92 | 1178399 | 270 | Asam palmitat |
| 2 | 44,36 | 41,06 | 3547922 | 294 | Asam linoleat |
| 3 | 44,47 | 38,59 | 2741185 | 264 | Asam oleat |
| 4 | 44,85 | 10,43 | 1216092 | 298 | Asam stearat |



Gambar 1. Kromatogram GC minyak biji karet

3.3. Membran Poliuretan

Pembuatan membran poliuretan dengan memvariasikan komposisi heksametilen-1,6-diisocyanat, untuk mendapatkan membran yang optimum. Tabel 2 menunjukkan variasi komposisi heksametilen-1,6-diisocyanat, yang menghasilkan membran poliuretan yang berbeda karakteristiknya. Komposisi heksametilen-1,6-diisocyanat 1 dan 3 gram menghasilkan membran poliuretan yang tidak kering (berminyak). Hal ini disebabkan karena masih banyak sisa minyak yang tidak bereaksi. Sedangkan pada komposisi heksametilen-1,6-diisocyanat 7 gram menghasilkan membran poliuretan yang kering, sedikit kaku dan kurang elastis. Membran dengan karakteristik seperti ini tidak baik untuk diaplikasikan di lapangan.

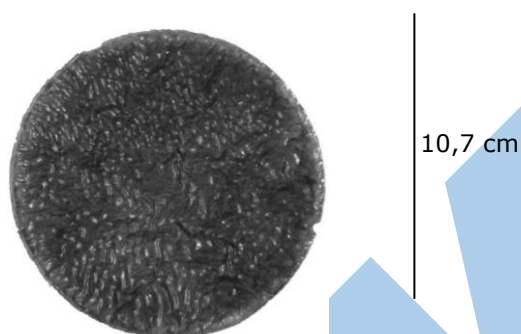
Komposisi optimum antara minyak biji karet dan heksametilen-1,6-diisocyanat yaitu 4,55:5 (g/g) dengan suhu polimerisasi 90-100°C dan suhu curing 165-170°C. Membran poliuretan yang dihasilkan bersifat homogen, kering (tidak berminyak), elastis, berwarna kuning kecoklatan dan bergelombang, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Komposisi optimum tersebut yang akan dikarakterisasi lebih lanjut.

Tabel 2. Variasi komposisi pada pembuatan membran poliuretan

| No | MBK* (gram) | HMDI* (gram) | Keterangan visual membran poliuretan |
|----|-------------|--------------|---|
| 1. | 4,55 | 1 | tidak kering, mudah sobek, bergelombang |
| 2. | 4,55 | 3 | sedikit tidak kering, elastis, bergelombang |
| 3. | 4,55 | 4 | kering, elastis, bergelombang |
| 4. | 4,55 | 5 | kering, elastis, bergelombang |
| 5. | 4,55 | 7 | kering, sedikit kaku, bergelombang |

*MBK = minyak biji karet

*HMDI = heksametilen-1,6-diisocianat



Gambar 2. Membran poliuretan

3.4. Karakterisasi Membran Poliuretan

3.4.1. Proses filtrasi

Tabel 3 menunjukkan hasil fluks dan faktor rejeksi membran poliuretan dari proses filtrasi. Faktor rejeksi didapat dengan menghitung konsentrasi logam merkuri, pada umpan dan permeat dengan menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Umpan yang digunakan berupa air sumur yang tercemar merkuri dengan konsentrasi 0,0703 ppb, permeat yang dihasilkan tidak terdeteksi adanya logam merkuri. Sehingga faktor rejeksi yang dihasilkan adalah 100%.

Tabel 3. Hasil fluks dan faktor rejeksi

| No | MBK (gram) | HMDI (gram) | Fluks L/m ² .h.bar | Faktor rejeksi % |
|----|------------|-------------|-------------------------------|------------------|
| 1. | 4,55 | 4 | 0,680 | * |
| 2. | 4,55 | 5 | 0,544 | 100 |
| 3. | 4,55 | 7 | 0,612 | * |

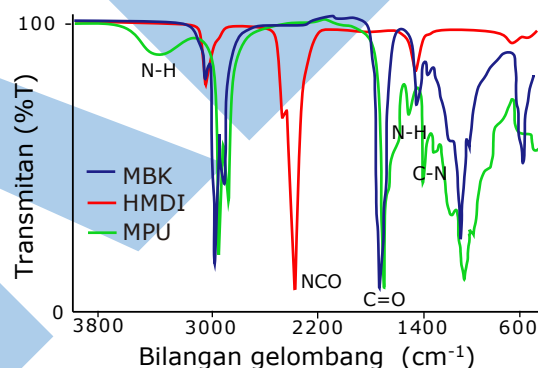
* Tidak dianalisis

Hasil fluks dan faktor rejeksi menunjukkan bahwa membran poliuretan yang disintesis dapat digunakan untuk menyaring merkuri pada air. Tipe membran yang dihasilkan adalah membran *reverse osmosis* (RO),

dengan melihat hubungan linier antara tekanan yang digunakan dan fluks yang dihasilkan.

3.4.2. Gugus fungsi membran

Gambar 3 menunjukkan spectrum FTIR dari minyak biji karet (biru), heksametilen-1,6-diisocianat (merah) dan membran poliuretan (hijau). Spektrum dari membran poliuretan menunjukkan terbentuknya ikatan uretan. Ikatan uretan ditandai dengan adanya serapan terhadap ikatan -N-H pada bilangan gelombang 3480 cm⁻¹ dan 1540 cm⁻¹, -C-N pada bilangan gelombang 1374 cm⁻¹, -C=O pada bilangan gelombang 1738 cm⁻¹. Serta tidak adanya serapan -NCO pada bilangan gelombang 2280 cm⁻¹ untuk spektrum membran poliuretan. Hal tersebut menunjukkan bahwa isocianat (-NCO) dari heksametilen-1,6-diisocianat habis bereaksi dengan minyak biji karet membentuk uretan.



MBK = minyak biji karet

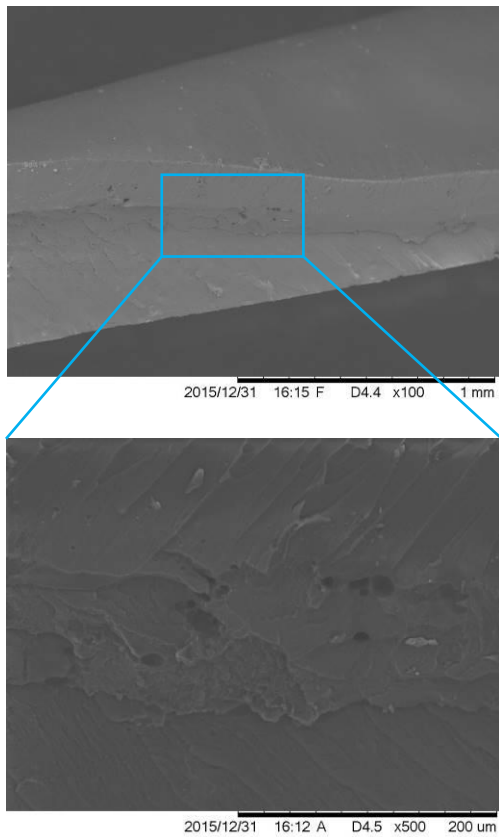
HMDI = heksametilen-1,6-diisocianat

MPU = membran poliuretan

Gambar 3. Spektrum FTIR minyak biji karet, HMDI dan membran poliuretan

3.4.3. Struktur morfologi membran

Struktur morfologi membran poliuretan dianalisa menggunakan SEM pada bagian *cross sectional* dengan pembesaran 100x dan 500x. Hasil photo SEM diperlihatkan pada Gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa, membran yang dihasilkan merupakan membran padat (*dense*). Tidak terlihat adanya struktur pori pada bagian *cross section* membran. Struktur morfologi membran *dense* seperti ini berhubungan dengan material polimer yang serta proses pembentukan yang digunakan. Hasil ini mendukung nilai fluks yang kecil, karena prinsip pemisahan pada membran padat berdasarkan proses difusi permeat, sehingga laju alir permeat yang dihasilkan kecil.



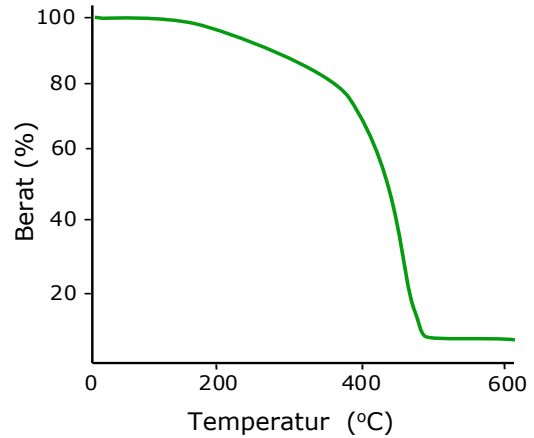
Gambar 4. Morfologi membran poliuretan dengan pembesaran 100x dan 500x

3.4.4. Ketahanan termal

Hasil analisis termal membran poliuretan menggunakan *thermogravimetric analysis* (TGA), terlihat pada Gambar 5 dan Tabel 4. Terdapat dua tahap dekomposisi membran, yang ditandai dengan kehilangan berat pada suhu 210°C dan 392°C. Dekomposisi pertama terjadi pada titik terlemah dalam struktur makromolekul dan dekomposisi kedua terjadi pada ikatan uretan, unit yang termostabil, gugus aromatik dan kelompok ester dari *soft segment* dalam struktur makromolekul (Das dkk., 2012; Humberto dkk., 2013; Saalah dkk., 2014; Gurunathan dkk., 2014). Membran poliuretan kehilangan berat 50% pada suhu 413°C, kehilangan berat 90% pada suhu 478°C dan sisa residu 2,2% pada suhu 500°C.

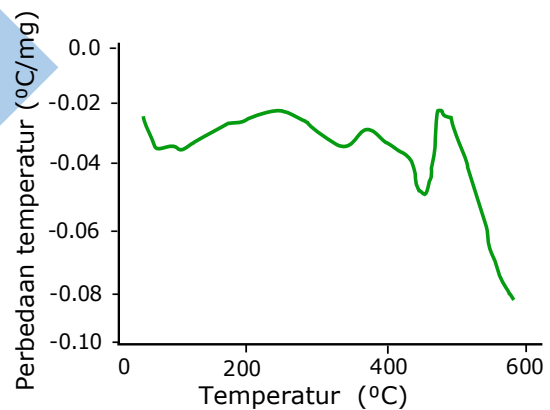
Tabel 4. Hasil TGA untuk membran poliuretan

| T _{1 on} | T _{1 end} | T _{2 on} | T _{2 end} | T _{50%} | T _{90%} | residu 500°C |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------|
| 210 | 332 | 392 | 464 | 413 | 478 | 2,2% |



Gambar 5. Kurva TGA membran poliuretan

Gambar 6 menunjukkan hasil analisis termal menggunakan *differential thermal analysis* (DTA). Analisis termal menggunakan DTA merupakan suatu teknik analisis, dengan menentukan perbedaan temperatur (ΔT) antara sampel dan bahan pembanding, yang terlihat perbedaannya pada sumbu Y. Sedangkan sumbu X merupakan kenaikan pemanasan sampel dan pembanding. Dari kurva DTA tersebut terlihat bahwa titik transisi gelas membran poliuretan pada suhu 65°C. Transisi gelas merupakan pergeseran endotermik pada garis dasar (*baseline*) awal karena kapasitas panas sampel yang naik (Stevens, 1989).



Gambar 6. Kurva DTA membran poliuretan

3.4.5. Kekuatan mekanik

Kekuatan mekanik membran diuji dengan uji tarik. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa membran poliuretan yang dihasilkan memiliki sifat kuat dan elastis, dengan *tensile strength* 1,03 kgf/mm² dan elongasi 497,14%. Nilai *tensile strength* pada membran poliuretan, disebabkan karena adanya ikatan silang uretan (*hard segment*) yang terbentuk. Sedangkan nilai elongasi pada membran, disebabkan oleh panjangnya

rantai minyak sebagai *soft segment* yang dapat mengalami kemuluran (elastis) jika ditarik.

3.4.6. Ketahanan kimia

Analisis ketahanan kimia bertujuan untuk melihat ketahanan membran terhadap umpan dengan kondisi yang ekstrim (seperti asam, basa, garam atau alkohol). Membran poliuretan yang dihasilkan cenderung tahan terhadap beberapa bahan kimia (asam, garam atau alkohol), yang hanya mengalami kehilangan berat $\pm 1\%$, terlihat pada Tabel 5. Hal ini disebabkan karena adanya berbagai jenis interaksi yang kuat dalam struktur membran poliuretan. Sedangkan pada larutan KOH 3% (basa) membran poliuretan mengalami kehilangan berat 15,1495%. Hal ini disebabkan karena adanya perlawanan dari alkali (basa) terhadap ikatan ester terhidrolisa, dalam struktur minyak pada membran, atau terjadinya proses saponifikasi (Das dkk., 2012). Terjadinya proses saponifikasi tersebut ditandai dengan adanya perubahan warna larutan KOH 3%, dari bening menjadi berwarna kuning dan berbusa (sabun), setelah 7 hari perendaman.

Tabel 5. Kehilangan berat membran setelah perendaman dalam larutan

| Larutan | W _{t0} (gram) | W _{t7} (gram) | Kehilangan berat (%) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| NaCl 10% | 0,3045 | 0,3015 | 0,9852 |
| KOH 3% | 0,3010 | 0,2554 | 15,1495 |
| Aquades | 0,3359 | 0,3333 | 0,7740 |
| Air sumur | 0,3324 | 0,3294 | 0,9025 |
| H ₂ SO ₄ 3% | 0,2969 | 0,2942 | 0,9094 |
| Metanol 25% | 0,3551 | 0,3529 | 0,6195 |

4. Kesimpulan

Minyak biji karet yang direaksikan dengan heksametilen-1,6-diisosiyanat dapat menghasilkan membran poliuretan. Komposisi optimum pada sintesis membran poliuretan dari minyak biji karet dan heksametilen-1,6-diisosiyanat adalah 4,55:5 (g/g). Membran yang dihasilkan memiliki sifat homogen, kering, elastis, berwarna kuning kecoklatan bergelombang, fluks 0,544 L/m².h.bar dan faktor rejeksi 100%. Hasil karakterisasi membran poliuretan 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, *tensile strength* 1,03 kgf/mm², elongasi 497,14% dan membran poliuretan yang dihasilkan juga tahan

terhadap bahan kimia kecuali pada basa (KOH 3%). Dari hasil karakterisasi membran poliuretan, membran tersebut dapat digolongkan pada tipe membran *reverse osmosis*.

Daftar Pustaka

- Bakare, I.O., Okieimen, F.E., Pavithran, C., Abdul, H.P.S.K., Brahmakumar, M. (2010) Mechanical and Thermal Properties of Sisal Fiber-Reinforced Rubber Seed Oil-Based Polyurethane Composites, *Material and Design*, 31, 4274-4280.
- 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.
- Datta, J., Glowina, E. (2014) Effect of Hydroxylated Soybean Oil and Bio-Based Propanediol on the Structure and Thermal Properties of Synthesized Bio-Polyurethanes, *Journal Industrial Crop and Products*, 61, 84-91.
- Gurunathan, T., Mohanty, S., Nayak, S.K. (2014) Isocyanate Terminated Castor Oil-Based Polyurethane Prepolymer: Synthesis and Characterization, *Journal Progress in Organic Coatings*, 80, 39-48.
- Humberto, J.S.A.J., Assuncao, D.B., Meneguzzi, A., Arthur, C.F., Dani, F.R.A. (2013) Castor Oil and Commercial Thermoplastic Polyurethane Membrane Modified with Polyaniline: A Comparative Study, *Journal Materials Research*, 16(4), 860-866.
- Marlina (2007) Pemanfaatan Asam Lemak Bebas Teroksidasi dari Minyak Jarak untuk Sintesis Membran Poliuretan, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(2), 67-70.
- Marlina (2010) Sintesis Membran Poliuretan dari Karagenan dan 2,4 Toluene diisosiyanat, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(3), 138-148.
- Min, M.A., Yaakob, Z., Kamarudin, S., Chuah, L.A. (2014) Synthesis and Characterization of *Jatropha* (*Jatropha Curcas L.*) Oil-Based Polyurethane Wood Adhesive, *Industrial Crops and Products*, 60, 177-185.

- Mulder, M. (1996) *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd edition, Kluwer Academic Publisher, London.
- Novia, Yuliyati, H., Yuliandhika, R. (2009) Pemanfaatan Biji Karet Sebagai Semi Drying Oil Dengan Metode Ekstraksi Menggunakan Pelarut N- Heksana, *Jurnal Teknik Kimia*, 16(4), 1-10.
- Ramanathan L.S., Sivaran S., Munmaya K. M. (1999) *Polyurethanes, Polymer Data Handbook*, Oxford University Press Inc., USA.
- Saalah, S., Chuah, L.A., Min, M.A., Zah, M.A., Zah, M.S., Radiah, D.A.B., Basri, M., Rose, E.J. (2014) Waterborne Polyurethane Dispersions Synthesized from Jatropha Oil, *Journal Industrial Crops and Products*, 64, 194-200.
- Setyawardhani, D.A., Distantina, S., Dewi, N., Utami, M.D. (2010) Pembuatan Biodiesel Berkualitas Baik Dengan *Acid Pre-Treatment*, *Ekuilibrium*, 9(1), 11-15.
- Stevens, M.P. (1989) *Polymer Chemistry*, Oxford University Press, Inc University of Hartford, USA.
- Wildan, A., Hartati, I., Widayat (2014) Proses Ekstraksi Minyak dari Limbah Padat Biji Karet Berbantu Gelombang Mikro, *Momentum*, 10(1), 1-5.
- Yang, L.T., Shan, C.Z., Lan, C.D., Yu, L.F., Quan, S.L. (2011) Thermal and Mechanical Propertise of Polyurethane Rigid Foam Based on Epoxidized Soybean Oil, *Journal of Polymer and the Environment*, 20, 230-236.
- Zhang, M., Pan, H., Zhang, L., Hu, L., Zhou, Y. (2014) Study of the Mechanical, Thermal Properties and Flam Retardancy of Rigid Polyurethane Foams Prepared From Modified Castor-Oil-Based Polyols, *Journal Industrial Crops and Products*, 59, 135-143.