

FABRIKASI DAN KARAKTERISASI MEMBRAN STYROFOAM DENGAN METODE ELEKTROSPINNING UNTUK PEMISAHAN MINYAK/AIR

Rena Juwita Sari^{1*}, Maria Ratih Puspita¹, Fitria Basuki Sukandaru², Akhmad Kusumaatmaja²

¹Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

²Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada

*e-mail: renajuwitasari21@gmail.com

Abstrak

Teknologi pemisahan menggunakan membran adalah sebuah teknologi baru dalam pengolahan air limbah berminyak. Efisiensi yang tinggi serta proses operasionalnya yang relatif lancar merupakan kelebihan utama yang perlu dilirik dalam pemisahan menggunakan membran. Karakterisasi membran nanofiber styrofoam sebagai filter minyak/air telah selesai dilakukan. Membran styrofoam dibuat dengan metode elektrospinning dengan konsentrasi pelarut 5 ml, 10 ml, 15 ml dan 20 ml. Selain itu, dibuat juga alat uji proses filtrasi membran. Hasil spektrum FTIR membran hasil filtrasi menjelaskan bahwa puncak serapan baru 1442,80 cm^{-1} menyebabkan meningkatnya sifat hidrofilik membran, pada puncak serapan 2841 cm^{-1} dan peningkatan puncak serapan 2926,13 cm^{-1} terjadi akibat terdapat kandungan air pada membran setelah pengujian. Sedangkan pada puncak serapan 2084,49 cm^{-1} mengindikasikan terjadi interaksi antara senyawa pada kulit jeruk (fenolik, flavonoid dan triterpenoid) dengan minyak. Sedangkan, hasil SEM membran styrofoam setelah filtrasi menunjukkan bawa ukuran nanofiber menjadi lebih besar (swelling) dan terjadi fouling disekitar pori menyebabkan penyempitan pori. Hal ini yang menyebabkan penurunan permeabilitas akan tetapi perselektivitas meningkat.

Kata kunci: membran, styrofoam, nanofiber, elektrospinning, filtrasi minyak/air

Abstract

Membrane separation technology is a new technology in oily wastewater treatment. High efficiency and relatively smooth operational processes are the main advantages that need to be looked at in membrane separation. Characterization of the styrofoam nanofiber membrane as an oil/water filter has been completed. Styrofoam membrane is made by electrospinning method with solvent concentration of 5 ml, 10 ml, 15 ml and 20 ml. In addition, the membrane filtration process test equipment was also made. The results of the FTIR spectrum of membrane filtration results explained that the new absorption peak of 1442.80 cm^{-1} caused an increase in membrane hydrophilic, at the absorption peak of 2841 cm^{-1} and an increase in absorption peak of 2926.13 cm^{-1} occurred due to the presence of water content in the membrane after testing. Whereas the absorption peak of 2084.49 cm^{-1} indicates an interaction between compounds in orange peel (phenolic, flavonoid and triterpenoid) with oil. Meanwhile, SEM results of styrofoam membranes after filtration showed that the size of the nanofiber became larger (swelling) and fouling occurred around the pore causing narrowing of the pore. This causes a decrease in permeability but increased selectivity.

Keywords: membrane, styrofoam, nanofiber, electrospinning, oil water filtration

1. Pendahuluan

Pencemaran air pada dasarnya terjadi karena limbah cair langsung dibuang ke badan air ataupun ke tanah tanpa mengalami proses pengolahan terlebih dulu. Limbah rumah tangga dapat berupa cairan (seperti air cucian dan minyak goreng bekas) maupun padatan (seperti kertas, plastik dan bungkus makanan). Masalah pencemaran air akibat limbah rumah tangga berupa minyak goreng bekas dapat diatasi salah satunya dengan cara pemisahan minyak/air menggunakan separator. Namun separator komersial yang sering digunakan prosesnya rumit. Pemisahan minyak/air juga dapat menggunakan teknologi membran. Keuntungan teknologi membran yaitu biaya operasi dan konsumsi energi yang relatif lebih rendah. Selain itu, proses membran umumnya tidak memerlukan bahan kimia tambahan, prosesnya sangat mudah, dan proses pemisahan dapat berlangsung lebih cepat [1]

Membran dapat dihasilkan dengan menggunakan berbagai macam metode, dan salah satu metode yang efisien, fleksibel, dan mudah dioperasikan adalah metode elektrospinning. Penelitian pembuatan membran dengan metode elektrospinning sudah banyak dilaporkan [2][3][4], namun belum banyak didapatkan laporan pengujian membran sebagai filter air/minyak.

Styrofoam sebagai kemasan makanan, sebaiknya penggunaannya bukan sekedar sebagai bungkus tetapi perlu diperhatikan keamanannya, karena fungsi dari kemasan makanan yaitu untuk

kesehatan, pengawetan dan kemudahan. Menurut Mulyanto, bahaya styrofoam berasal dari butiran-butiran styrene, yang diproses dengan menggunakan benzana. Benzana inilah yang termasuk zat yang dapat menimbulkan banyak penyakit [5].

Styrofoam bukan barang yang bisa didaur ulang, seperti gelas, kertas, atau metal, yang dapat didaur ulang menjadi material mentah untuk dibuat kembali menjadi barang serupa. Selama ini metode yang digunakan untuk mengurangi sampah styrofoam adalah pembakaran lewat *incinerator*. Padahal pembakaran styrofoam dapat menghasilkan gas karbon dioksida, gas karbon monoksida, dan gas CFC yang dapat merusak lapisan ozon. Salah satu cara yang aman, efektif, dan mudah untuk memecahkan masalah menumpuknya sampah styrofoam menggunakan kulit jeruk.

Peluruhan styrofoam dengan pelarut alami limonene diperkenalkan pertama kali oleh Tsutomu Noguchi 1998 untuk mendaur ulang styrofoam. D-limonene adalah salah satu terpen yang paling umum di alam. D-limonene adalah konstituen utama dalam beberapa minyak jeruk (jeruk, lemon, jeruk mandarin, jeruk nipis). D-limonene memiliki toksisitas yang cukup rendah. Penelitian membuktikan bahwa D-limonene tidak menimbulkan mutagenik, karsinogenik atau risiko nefrotoksik untuk manusia [6].

Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini difokuskan pada pembuatan membran styrofoam menggunakan metode electrospinning dan penerapannya sebagai filter minyak/air. Selain itu, akan dibuat juga alat uji sederhana untuk proses filtrasi minyak/air. Material-material pada membran yang telah dibuat akan diidentifikasi dengan menggunakan FT-IR, sedangkan morfologi permukaan membran akan diamati dengan SEM. Permeabilitas dan perselektivitas air murni dari membran dilakukan untuk mengetahui tingkat efisien dan efektifitas membran yang dibuat setelah digunakan untuk pemisahan minyak/air.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi styrofoam, jeruk, aquades, kain kassa, aluminium foil, minyak goreng

2.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi gelas beker, spatula, *hot plate*, dan *Magnetic stirrer*, *ultrasonic cleaner*, gunting, gelas ukur, neraca digital, pinset, Set Electrospinning LPPT UGM, needle dan *syringe* Terumo 10 mL, alat press hidrolik, alat uji filtrasi

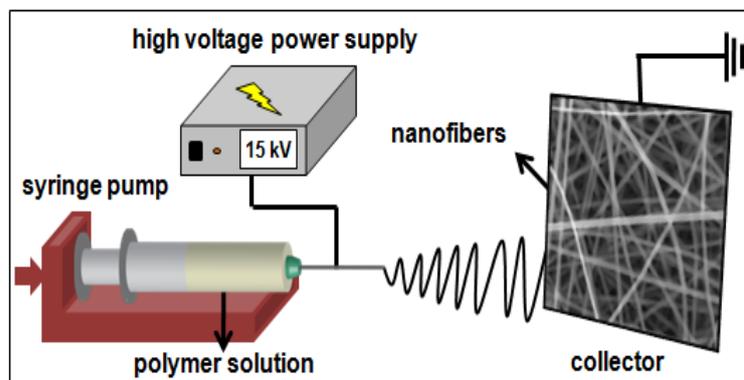
2.3. Tahap penelitian

1. Tahap pengepresan kulit jeruk

Pengepresan kulit jeruk dilakukan dengan menggunakan alat pres hidrolik

2. Tahap pembuatan membran styrofoam

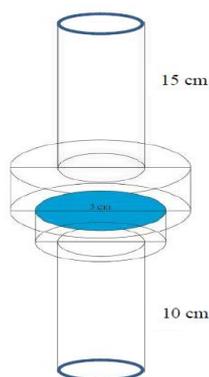
Penelitian dimulai dengan melarutkan styrofoam ke dalam kedalam cairan kulit jeruk. Styrofoam dimasukkan secara sedikit demi sedikit dengan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan skala 6.



Gambar 1. Proses electrospinning

3. Desain Alat Uji Pemisahan Minyak/Air

Alat uji pemisahan minyak/air dibuat dengan menggunakan sambungan pipa PVC berdiameter 3 cm yang dikombinasikan dengan pipa berdiameter 2 cm. Warna biru menunjukkan membran. Desain alat uji ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Desain Alat Uji Pemisahan Minyak/Air

4. Tahap Karakterisasi Membran Styrofoam

Karakterisasi membran styrofoam menggunakan analisis SEM untuk mengetahui morfologi membrane nanofiber styrofoam sebelum dan setelah digunakan sebagai filter minyak/air. Serta menentukan diameter fiber membran. Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengetahui struktur ikatan kimia membran nanofiber styrofoam sebelum dan setelah digunakan sebagai filter. Tingkat efisien dan efektifitas membran dilakukan dengan mengukur nilai permeabilitas dan perselektivitas. Permeabilitas adalah nilai fluks yang didefinisikan sebagai volume *permeat* yang melewati membran per satuan luas per satuan waktu. Besarnya nilai permeabilitas membran digunakan persamaan:

$$J = \frac{V}{A \cdot t} \quad (1)$$

Sedangkan perselektivitas diukur dengan efisiensi (η) yang didefinisikan sebagai massa *permeat* (m_p) per satuan massa *feed* (m_f) [7]. Efisiensi membran digunakan persamaan:

$$\eta = \left(\frac{m_p}{m_f} \right) \times 100\% \quad (2)$$

2.4. Metode penelitian

Membran styrofoam dibuat dari larutan styrofoam dengan melarutkan 2,5 gram limbah styrofoam ke dalam cairan kulit jeruk dengan komposisi pelarut yang berbeda (5 ml, 10 ml, 15 ml dan 20 ml). Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada *hot plate* bersuhu 30 °C dengan kecepatan skala 6 sampai semuanya benar-benar larut sempurna. Selanjutnya larutan styrofoam dimasukkan ke dalam jarum suntik berdiameter 0,5 mm dan dielektrospun menggunakan peralatan elektrospinning skala laboratorium LPPT UGM. Alat elektrospinning diatur pada tegangan 15 kV dan jarak antara pemintal dan kolektor 12 cm dan dibutuhkan waktu 2 jam proses elektrospinning. Kemudian membran styrofoam dilakukan pengujian pemisahan minyak/air dengan menggunakan alat uji Gambar 2. Hasil membran sebelum dan setelah uji untuk pemisahan minyak/air dianalisis menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi membrane nanofiber styrofoam dan spektroskopi FTIR untuk mengetahui struktur ikatan kimia membran nanofiber styrofoam. Sedangkan tingkat efisien dan efektifitas membran dilakukan dengan menghitung nilai permeabilitas dan perselektivitas menggunakan persamaan 1 dan 2.

3. Hasil dan Analisis

Telah dilakukan penelitian fabrikasi dan karakterisasi membran styrofoam menggunakan metode elektrospinning sebagai filter minyak/air. Membran styrofoam dibuat dari campuran cairan kulit jeruk dengan limbah styrofoam. Cairan kulit jeruk dihasilkan dengan cara kulit jeruk yang sudah dikupas dipotong-potong dengan ukuran $\pm 0,5$ -1 diperas menggunakan alat pres hidrolis. Proses pengepresan kulit jeruk ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengepresan kulit jeruk menggunakan alat pres hidrolis

Pembuatan larutan styrofoam dilakukan dengan cara meluruhkan styrofoam kedalam cairan kulit jeruk hasil pengepresan dengan komposisi pelarut yang berbeda (Tabel 3). Massa styrofoam sebesar 2,5 gram dimasukkan kedalam gelas beker yang telah terisi cairan kulit jeruk. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada *hot plate* bersuhu 30 °C dengan kecepatan skala 6 sampai semuanya benar-benar larut sempurna. Selanjutnya, larutan dibiarkan sampai suhunya turun mencapai suhu ruangan.

Tabel 1. Larutan styrofoam dengan pelarut kulit jeruk yang berbeda

No	Kode sampel	Styrofoam	Cairan kulit jeruk	Hasil membran	Keterangan
1	S-5	2,5 gram	5 ml	Tidak terbentuk	Viskositas larutan tinggi
2	S-10	2,5 gram	10 ml	Terbentuk	Tidak ada <i>beads</i>
3	S-15	2,5 gram	15 ml	Terbentuk	Ada sedikit <i>beads</i>
4	S-20	2,5 gram	20 ml	Tidak terbentuk	Viskositas Larutan rendah

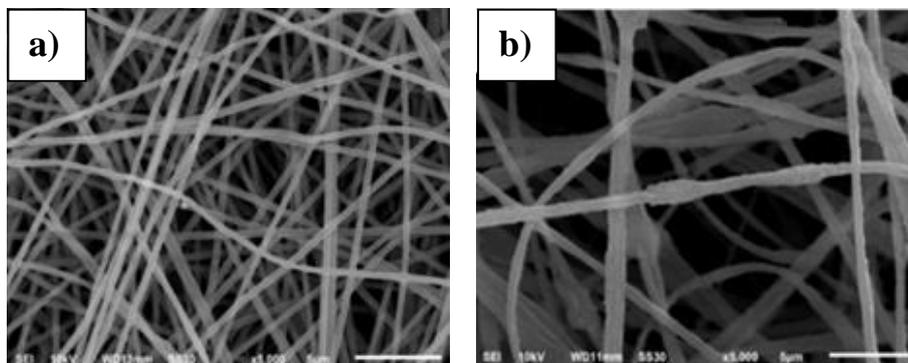
Tahap selanjutnya proses pembuatan membran dengan menggunakan elektrospinning. Larutan styrofoam dimasukkan ke dalam jarum suntik berdiameter 0,5 mm dan elektrospun menggunakan peralatan elektrospinning skala laboratorium. Elektrospinning di atur pada tegangan 15 kV dan jarak antara pemintal dan kolektor 12 cm (Gambar 1). Pembuatan satu membran styrofoam dibutuhkan waktu 2 jam proses elektrospinning. Hasil membran styrofoam ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Membran styrofoam

Tabel 1 menjelaskan bahwa larutan styrofoam yang dibuat harus memiliki viskositas yang tepat agar dapat membentuk fiber yang baik. Jika viskositas kurang maka tidak akan terbentuk fiber dengan baik (terdapat *bead* dan *spray*), namun jika viskositas terlalu besar maka larutan akan sulit keluar dari *syringe*. Pada pembentukan membran styrofoam dengan elektrospinning pada sampel S-10 dan sampel S-15 dapat terbentuk membran, sedangkan sampel S-5 tidak terbentuk membran karena larutan styrofoam memiliki viskositas tinggi dan pada sampel S-20 larutan styrofoam memiliki viskositas rendah. Saat

proses electrospinning larutan styrofoam menyebar merata ke seluruh bagian *collector* sehingga membran yang dihasilkan memiliki permukaan yang luas. Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan untuk menganalisis morfologi dan ukuran diameter membran. Berikut ini morfologi nanofiber styrofoam sampel S-10 dan S-15 ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. SEM membran styrofoam a) Sampel S-10 dan b) Sampel S-15

Gambar 5 merupakan hasil SEM membran styrofoam sampel S-10 dan S-15, dengan morfologi yang sangat baik. Namun, membran styrofoam dengan Sampel S-10 memiliki diameter fiber lebih kecil sebesar 237 ± 26 nm dibandingkan membran styrofoam dengan sampel S-15 yang berukuran 334 ± 40 nm.

Uji pemisahan minyak/air dilakukan dalam tiga siklus. Pada siklus-1, dimasukkan campuran minyak dan air dengan volume yang sama yaitu 6 ml. Selanjutnya pada siklus-2, ditambahkan 6 ml air ke dalam minyak yang tertahan tersebut. Siklus-3 sama dengan siklus-2, yaitu sebanyak 6 ml air dimasukkan ke dalam minyak yang tertahan. Uji permeabilitas dilakukan untuk mengetahui kecepatan suatu zat tertentu melewati membran. Nilai fluks digunakan untuk menyatakan permeabilitas, sedangkan uji perselektivitas digunakan untuk mengetahui efisiensi membran. Hasil pengujian permeabilitas ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian permeabilitas membran styrofoam

Kode Sampel	Siklus-1 (L/m ² .jam)	Siklus-2 (L/m ² .jam)	Siklus-3 (L/m ² .jam)
S-5	0	0	0
S-10	1019±162	437±69	373±59
S-15	1019±162	527±83	501±78
S-20	0	0	0

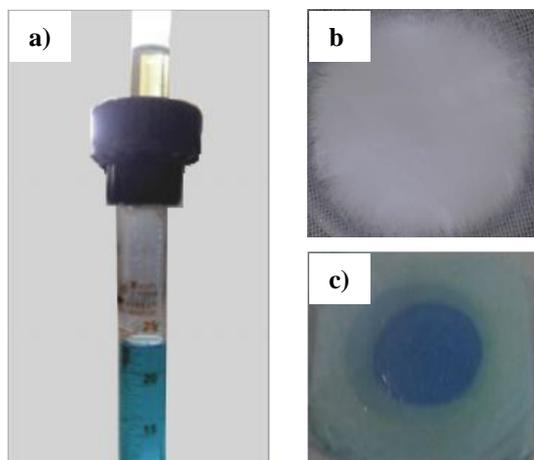
Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk sampel S-10 dan S-15 membran bersifat permeable. Sampel S-10 menunjukkan bahwa siklus-1 membran memiliki nilai fluks yang relatif tinggi yaitu (1019±162) L/(m².jam). Pada siklus-2 dan 3, nilai fluks mengalami penurunan menjadi (437±69) L/(m².jam) dan (373±59) L/(m².jam). Sampel S-15 menunjukkan bahwa siklus-1 membran memiliki nilai fluks yang relatif tinggi yaitu (1019±162) L/(m².jam). Pada siklus-2 dan 3, nilai fluks mengalami penurunan menjadi (527±83) L/(m².jam) dan (501±78) L/(m².jam).

Tabel 3. Hasil pengujian perselektivitas membran styrofoam

Kode Sampel	Siklus-1 (%)	Siklus-2 (%)	Siklus-3 (%)
S-5	0	0	0
S-10	98,25	98,43	98,45
S-15	98,16	98,38	98,38
S-20	0	0	0

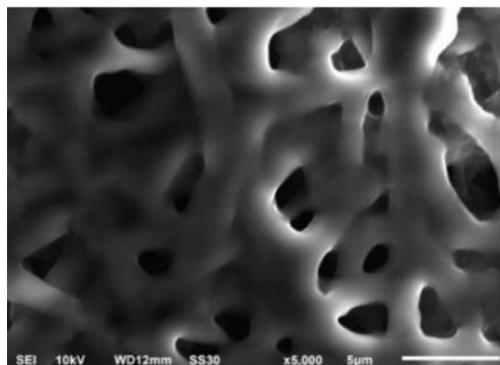
Hasil pengujian perselektivitas membran nanofiber ditunjukkan pada Tabel 3. Sampel S-10 menunjukkan bahwa siklus-1 membran memiliki nilai efisiensi yaitu 98,25%. Pada siklus-2 dan 3, nilai efisiensi mengalami peningkatan menjadi 98,43% dan 98,45%. Sampel S-15 menunjukkan bahwa siklus pertama membran memiliki nilai efisiensi yaitu 98,17%. Pada siklus-2 dan 3, nilai efisiensi mengalami peningkatan menjadi 98,38%. Hal ini disebabkan karena terjadinya *swelling* dan *fouling* yang

menyebabkan penyempitan pori pada membran sehingga fluks membran menurun dan peningkatan efisiensi karena partikel kecil sulit untuk melewati membran. *Swelling* adalah membesarnya ukuran diameter fiber akibat penyerapan air. *Fouling* adalah tertutupnya pori membran yang diakibatkan oleh adanya partikel yang tertahan pada permukaan membran.



Gambar 6. a) Alat uji pemisah minyak/air, b) membran sebelum filtrasi, c) membran setelah filtrasi

Uji pemisahan minyak/air dilakukan dengan menggunakan alat uji seperti ditunjukkan Gambar 6. Campuran minyak dan air dengan volume yang sama dimasukkan, kemudian gelas ukur yang ditempatkan pada bagian bawah alat uji diamati untuk mengukur banyaknya air yang melewati membran. Gambar 6 (b) menunjukkan permukaan membran sebelum uji filtrasi, sedangkan Gambar 6 (c) menunjukkan membran setelah diuji.

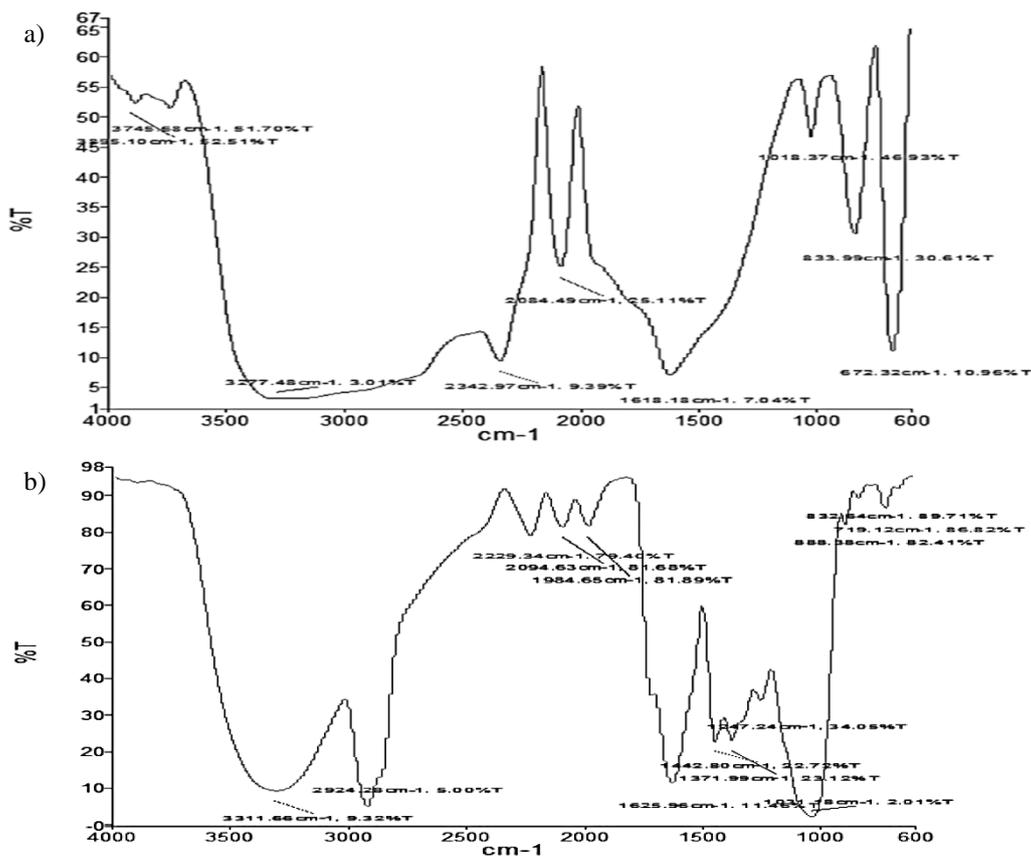


Gambar 7. Morfologi permukaan membran sampel S-10 setelah filtrasi

Morfologi permukaan membran nanofiber S-10 setelah pengujian ditunjukkan pada Gambar 7. Membran styrofoam yang diamati adalah sampel S-10 karena membran ini permeable dibanding sampel S-15. Terlihat bahwa nanofiber S-10 yang dihasilkan mengalami swelling dan fouling yang mengakibatkan menurunnya permeabilitas nanofiber. Swelling terlihat dari adanya diameter fiber yang mengalami pembesaran, sedangkan fouling terlihat dari adanya penyumbatan pada pori (partikel minyak) membran. Pada pengujian pemisahan minyak/air yang telah dilakukan, diperoleh bahwa membran S-10 bersifat tidak permeable terhadap minyak.

Karakterisasi FT-IR dilakukan untuk mengetahui puncak-puncak serapan membran nanofiber styrofoam sebelum dan setelah pengujian (Gambar 8). Gambar 8. b) terlihat bahwa terdapat puncak serapan baru pada bilangan gelombang 1442,80 cm^{-1} yaitu vibrasi *ring stretch* $\text{C}_6\text{-H}_6$ pada membran styrofoam setelah pengujian. Hal ini menyebabkan meningkatnya sifat hidrofilik membran. Pada bilangan gelombang 2841 cm^{-1} terdapat puncak serapan baru dan peningkatan konsentrasi pada bilangan gelombang 2926,13 cm^{-1} untuk vibrasi O-H. Ini terjadi akibat terdapat kandungan air pada membran setelah pengujian. Pada gugus ester bergeser pada angka gelombang 2084,49 cm^{-1} dengan spektrum serapan yang tajam (Gambar 8. a)) terjadi penurunan puncak serapan yang mengindikasikan terjadi interaksi antara

senyawa yang terkandung di dalam ekstrak kulit jeruk (fenolik, flavonoid dan triterpenoid) dengan minyak.



Gambar 8. Hasil FT-IR membran styrofoam sampel S-10 a) Sebelum filtrasi dan b) setelah filtrasi

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil dibuat membran styrofoam dengan pelarut cairan kulit jeruk 10 ml yang paling optimal dengan massa styrofoam 2,5 gram.
2. Telah berhasil dibuat alat uji membran sebagai pemisah minyak/air. Alat uji membran ditunjukkan pada Gambar 6.
3. Hasil spektrum FTIR membran hasil filtrasi menjelaskan bahwa puncak serapan baru 1442,80 cm⁻¹ menyebabkan meningkatnya sifat hidrofilik membran, pada puncak serapan 2841 cm⁻¹ dan peningkatan puncak serapan 2926,13 cm⁻¹ terjadi akibat terdapat kandungan air pada membran setelah pengujian. Sedangkan pada puncak serapan 2084,49 cm⁻¹ mengindikasikan terjadi interaksi antara senyawa pada kulit jeruk (fenolik, flavonoid dan triterpenoid) dengan minyak.
4. Permeabilitas air untuk sampel S-10 dan S-15 bersifat permeable. Nilai perselektivitas semua sampel meningkat. Morfologi hasil SEM membran styrofoam yang optimum adalah S-10 dan setelah digunakan sebagai pemisah minyak/air menunjukkan ukuran nanofiber menjadi lebih besar (*swelling*) dan terjadinya *fouling* disekitar pori.

Daftar Pustaka

- [1] Roso, M., Sundarajan, S., Pliszka, D., Ramakrishna, S. and Modesti, M. "Multifunctional Membranes based on Spinning Technologies": The Synergy of Nanofibers and Nanoparticles. *Nanotechnology*, vol. 19, pp. 285-707, 2018.
- [2] Ramakrishna, S., Jose, R., Archana, P.S., Nair, A.S., Balamurugan, R., Venugopal, J., and Teo, W.E., "Science and Engineering of Electrospun Nanofibers for Advances in Clean Energy, Water

- Filtration and Regenerative Medicine”. *J. Mater. Sci*, vol. 45, pp. 6283–6312, 2010.
- [3] Shin, C. and Chase, G. G., “Nanofibers from Recycle Waste Expanded Polystyrene Using Natural Solvent”. *Polymmar Bulletin*, vol. 55, pp. 209-215, 2005.
- [4] Ernawati, R., “Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Alternatif”, *Jurnal Riset Industri*, vol.5, no. 3, 2011.
- [5] Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, “*Modul-4 Tata Cara Pembangunan Prasarana Air Limbah Rumah Tangga*”, Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta, 2011.
- [6] Rodiansono, “Activity test and Regeneration of Ni-Mo/ Zeolit catalyst for Hydrocracking of water plastic fraction to gasoline fraction”, *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 5, no. 3, pp. 261 – 268, 2005.
- [7] Redjeki, S.R.I., “*Proses Desalinasi Dengan Membran*”. Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional 2011, 2011.