

**MEMBRAN KOMPOSIT CA-PS PEMISAH LIMBAH BATIK (RHODAMINE B)
DENGAN "DEAD-END" MEMBRANE REACTOR**

**CA-PS COMPOSITE MEMBRANE AS BATIK WASTE (RHODAMINE B) FILTER
WITH DEAD END MEMBRANE REACTOR**

Rizka Ayusnika, Hendra Gunawan, Ismawati, Muhammad Wisnu Nugroho,
Rizki Nur Apriliani, Senny Widyaningsih

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Dr. Suparno, Purwokerto, Jawa Tengah, 53123
Email: ayusnika@yahoo.com (Rizka Ayusnika)

ABSTRAK

Perkembangan teknologi membran sebagai unit pengolah limbah saat ini sangat pesat dan banyak digunakan dalam proses pemisahan, seperti limbah batik (*rhodaminee B*). Tujuan dari penelitian ini membuat membran komposit selulosa asetat dari limbah kulit pisang dengan polistirena dan mengetahui aplikasinya dalam proses pemisahan limbah batik (*rhodaminee B*). Metode pembuatan membran ini adalah inversi fasa, yaitu proses sebuah polimer diubah secara terkendali dari fasa cair ke fasa padat. Penelitian ini diawali dengan tahap pembuatan selulosa (*nata de banana skin*) melalui proses fermentasi oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Tahap kedua adalah proses asetilasi selulosa menjadi selulosa asetat. Tahap berikutnya adalah pembuatan membran komposit CA-PS untuk kemudian dilakukan proses pemisahan limbah batik (*rhodaminee B*) dengan aplikasi pada alat "dead-end". Karakterisasi membran komposit CA-PS telah dilakukan dengan penentuan fluks, koefisien rejeksi, uji kuat tarik dan regangan, serta morfologi dan ukuran pori membran menggunakan SEM. Hasil pengukuran diperoleh nilai fluks air dan sampel berturut-turut sebesar 4,3889 L/(m².jam) dan 1,4629 L/(m².jam), nilai koefisien rejeksi sampel (*rhodaminee B*) sebesar 16%, nilai uji tarik sebesar 10,38 MPa, dan ukuran rerata pori-pori sebesar 5,114 μm.

Kata kunci: selulosa asetat, nata, *rhodamine B*, CA-PS, *dead-end*.

ABSTRACT

The development of membrane technology as a waste treatment unit is currently very rapidly and widely used in the separation process, such as batik waste (rhodamine B). The purpose of this research is to make a composite membrane of cellulose acetate derived from banana peel fermentation with polystyrene and determine its application in waste separation process of batik waste (rhodamine B). The method of making the membrane is phase inversion, i.e the process of a polymer modified in a controlled manner from liquid phase to solid phase. This research begins with manufacturing of cellulose (nata de banana skin) through fermentation by Acetobacter xylinum. The second stage is acetylation process of cellulose into cellulose acetate. The next stage is

manufacturing composite membranes CA-PS and its application in batik waste (rhodamine B) separation process with the application on "dead-end" reactor. Characterization of CA-PS composite membrane has been done with the determination of flux, rejection coefficient, tensile strength and strain as well as the morphology and pore size of the membrane using SEM. The measurement results obtained the water flux are of 4.3889 L / (m².h) and sample flux are 1.4629 L / (m².h), rejection coefficient are 16%, tensile test are 10.38 MPa, and the average pore size are 5.114 μm.

Key words: *cellulose acetate, nata, rhodamine B, CA-PS, dead-end.*

Pendahuluan

Dewasa ini, sebagian besar industri tekstil menggunakan zat warna sintesis dengan alasan murah, warnanya yang tahan lama, mudah diperoleh dan digunakan, tetapi limbah yang dihasilkan masih berwarna dan sulit terdegradasi. Sekitar 15-20% zat warna yang digunakan akan tersisa pada air buangan yang pada akhirnya akan masuk ke dalam lingkungan sekitarnya. Salah satu jenis pewarna azo yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah *rhodamine B* (Chatterjee *et al.*, 2007).

Perkembangan teknologi membran sebagai unit pengolah limbah saat ini sangat pesat dan banyak digunakan dalam proses pemisahan karena mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan metode pemisahan yang konvensional, di antaranya proses dapat dilakukan secara kontinyu, tidak memerlukan zat kimia tambahan, konsumsi energi rendah, dan lain-lain. Pembuatan membran dari polimer alam telah banyak dikembangkan saat ini, karena lebih ramah lingkungan daripada polimer sintetis, salah satunya membran yang terbuat dari selulosa asetat (Mulder, 1996). Selulosa asetat dapat disintesis dari selulosa melalui proses asetilasi,

salah satu sumber selulosa adalah kulit buah pisang.

Buah pisang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buah pisang tersebut menghasilkan limbah berupa kulit pisang yang menumpuk di lingkungan masyarakat, sehingga perlu adanya pemanfaatan limbah tersebut untuk mengurangi penumpukan sampah. Salah satu pengolahannya dijadikan sebagai *nata de banana skin* melalui proses fermentasi yang dibantu oleh bakteri *Acetobacter xylinum* yang memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa sehingga menjadi selulosa (Atmawati, 2005).

Susanti (2006) menyatakan bahwa kulit pisang raja nangka menghasilkan kualitas nata dengan warna dan tekstur (ketebalan) terbaik. Sebagai upaya meningkatkan nilai tambahnya maka dikembangkan pemanfaatan limbah kulit pisang raja nangka menjadi *nata de banana skin* kemudian disintesis menjadi selulosa asetat yang secara luas banyak dibuat sebagai membran. Selulosa asetat (CA) merupakan salah satu bahan dasar pembuatan membran yang bersifat dapat urai. Membran biasanya berupa polimer tipis yang menahan pergerakan bahan-bahan tertentu, yang bersifat

permeabel atau semi permeabel (Scott dan Hughes, 1996). Menurut Arifah (2012), selulosa hasil fermentasi (*nata de banana skin*) dapat dibuat menjadi selulosa asetat dengan cara mengasetilasi serbuk selulosa (*nata de banana skin*) tersebut. Modifikasi terhadap bahan dasar membran kini semakin beragam, dengan tujuan memperbaiki kinerja membran. Meenakshi *et al.* (2001) menyebutkan pencampuran antara polimer yang dapat urai secara hayati dan polimer sintetik dapat menghasilkan sifat fisik baru. Menutut Cowd (1982), membran CA dengan penambahan polimer sintetik, yaitu polistirena (PS) memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan CA.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan dibuat membran selulosa asetat (CA) dari *nata de banana skin* termodifikasi polistirena (PS dan diuji sifat mekanik membran tersebut untuk proses pemisahan limbah batik (*rhodamine B*). Uji karakteristik membran meliputi, kekuatan tarik dan regangan membran menggunakan autograph, dan morfologi serta ukuran pori membran menggunakan SEM. Kinerja membran terlihat pada nilai fluks dan rejeksi membran.

Metode Penelitian

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, blender, mortar, *viskometer Ostwald*, pH indikator, *magnetic stirrer*, desikator, statif, buret, *hand-press*, oven, desikator, pelat kaca, sel filtrasi, spektrofotometer sinar tampak, spektrofotometer FTIR, alat *tensile strength*, dan SEM.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit pisang, bibit starter *A. xylinum*, gula pasir, ammonium sulfat, asam asetat glasial, akuades, larutan NaOH 1%, larutan CH₃COOH 1%, H₂SO₄ pekat, asam asetat anhidrida, polistirena, aseton, etanol, diklorometana, indikator fenolftalein, fenol 5%, NaOH 0,5 M, HCl 0,5 M, air suling dan *rhodamine B*.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan *nata de banana skin*

Kulit buah pisang dicuci bersih, dipotong kecil-kecil dan diblender hingga halus kemudian disaring dan diperas dengan menggunakan kain blacu/mori untuk diambil cairan konsentrasinya. Sebanyak 5 L konsentrat yang diperoleh, disaring dengan kertas saring dengan bantuan corong Buchner. Lalu filtrat

dipanaskan hingga mendidih kemudian ditambahkan gula pasir sebanyak 500 gram. Larutan dibiarkan sampai mendidih kembali kemudian ditambahkan 25 gram ammonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan 30 mL asam asetat glasial. Larutan diatur pH-nya menjadi 4-5. Larutan dituangkan dalam keadaan panas ke dalam 3 nampan atau wadah plastik yang masing-masing berisi 1,5 L lalu ditutup dengan kertas koran dan didiamkan selama ± 24 jam. Ke dalam larutan tersebut ditambahkan starter bakteri *A. xylinum* sebanyak 10% dari volume media dan ditutup kembali dengan kertas koran. Media yang ditambahkan starter bakteri diinkubasi pada suhu kamar selama 9 hari untuk proses fermentasi sehingga diperoleh *nata de banana skin* untuk selanjutnya dimurnikan.

1. Asetilasi selulosa (Masaoka, 1993)

Selulosa bakteri yang telah dihaluskan sebanyak 5 g ditambahkan 12 mL asam asetat glasial dan diaduk selama 1 jam. Setelah 1 jam ditambahkan campuran 0,088 ml asam sulfat pekat dan 20 mL asam asetat glasial dan diaduk kembali selama 45 menit. Kemudian campuran ini didinginkan sampai

mencapai suhu 18,3 °C baru ditambahkan 13,5 mL anhidrida asetat yang telah didinginkan sampai mencapai suhu 15,6 °C dan ditambahkan campuran 0,612 mL asam sulfat pekat dengan 20 mL asam asetat glasial. Setelah itu campuran diaduk selama 20 jam sampai terbentuk larutan. Tahap selanjutnya adalah ditambahkan 15 mL asam asetat 67% tetes demi tetes selama 1 jam sambil diaduk pada suhu 37,8 °C. Larutan dibiarkan selama 20 jam. Selanjutnya ditambahkan air sambil diaduk sampai terbentuk endapan kemudian dibiarkan selama 10-15 menit. Endapan disaring, dicuci dengan air sampai netral, dan disaring kembali. Setelah itu endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 50-60 °C.

3. Analisis gugus fungsi

Sebanyak 1-2 mg serbuk selulosa asetat *nata de banana skin* dicampur dengan ± 200 mg serbuk KBr. Campuran digerus dengan mortar sampai halus dan homogen kemudian ditekan sehingga membentuk pelet. Pelet dipindahkan ke tempat cuplikan dan dilakukan analisa pada panjang gelombang 4000-500 cm^{-1} .

4. Pembuatan membran komposit CA-PS

Tahap pertama diawali dengan pembuatan larutan polimer CA (15% [b/v]), PS (10% [b/v]) dalam pelarut campuran diklorometana : aseton (1:1). Larutan dicampur dengan nisbah antara CA:PS adalah 9:1. Larutan diaduk dengan pengaduk magnetik hingga homogen. Kemudian larutan polimer dituang di atas pelat kaca ($18 \times 18 \text{ cm}^2$) yang telah diberi selotip pada kedua sisinya, lalu dicetak dengan cara menekan dan mendorong larutan tersebut hingga diperoleh lapisan tipis. Selanjutnya polimer yang menempel pada pelat kaca ini dibiarkan selama 1 menit untuk menguapkan pelarut. Polimer tipis tersebut kemudian direndam dalam air. Polimer tipis ini selanjutnya digunakan sebagai membran.

5. Karakterisasi membran komposit CA-PS

Uji kuat tarik dan regangan

Kedua ujung membran dijepit pada alat *autograph*. Salah satu ujung membran ditahan dengan kuat. Ujung lainnya ditarik sampai membran putus, kemudian diukur gaya maksimumnya. Luasan membran ditentukan saat dilakukan uji tarik.

Aplikasi pada alat "dead-end" dan penentuan fluks pemisahan

Sampel membran yang akan diuji dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter $\pm 7 \text{ cm}$. Membran diletakkan di bagian bawah alat penguji (sel filtrasi) yang sebelumnya telah dilapisi dengan kertas saring. Sebanyak 100 mL larutan *feed rhodamine B* dimasukkan ke dalam alat, ditutup rapat dan kemudian ke dalamnya dialirkan tekanan 1-5 kg/cm^2 . Volume permeat yang dihasilkan dicatat setiap 5 menit selama 30 menit.

Penentuan koefisien rejeksi

a. Pembuatan kurva kalibrasi

Standar *rhodamine B* dibuat dengan variasi konsentrasi 10, 40, 70, 100, 130, 160, 190, 220, dan 250 ppm, ditambahkan larutan fenol 5% dan asam sulfat pekat dengan perbandingan 1:1:5 ke dalam labu ukur 10 ml dan diencerkan sampai tanda batas menggunakan akuades, kemudian diukur dengan spektrofotometer *visible*.

b. Penentuan rejeksi sampel

Untuk mengetahui konsentrasi *rhodamine B* setelah dilewatkan membran, dilakukan pengukuran

nilai absorbansi dengan menggunakan instrument spektrofotometer UV-Visible. Nilai absorbansi yang diperoleh dimasukkan pada persamaan regresi dari kurva kalibrasi, untuk selanjutnya dapat dihitung koefisien rejeksinya.

Analisa morfologi (SEM)

Sampel direkatkan pada permukaan suatu silinder logam steril berdiameter 1 cm dengan menggunakan perekat ganda. Sampel dipreparasi dan dilapisi dengan logam emas dalam kondisi vakum menggunakan *sputter coating*. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam instrumen dan dikondisikan dalam keadaan vakum, lalu diatur dan difoto dengan perbesaran tertentu.

Hasil dan Pembahasan

Nata de banana skin dan selulosa asetat

Pembuatan *nata de banana skin* dilakukan untuk memperoleh bahan dasar selulosa asetat yang berasal dari kulit buah pisang. *Nata de banana skin* dihasilkan dari proses fermentasi cairan konsentrat kulit pisang raja nangka oleh bakteri *A. xylinum* selama 9 hari. *Nata de banana skin* yang dihasilkan setelah

proses fermentasi selama 9 hari berwarna putih kecoklatan dan memiliki tekstur kenyal. *Nata* yang diperoleh memiliki ketebalan berkisar antara 0,5-1 cm (Lapuz *et al.*, 1967). *Nata de banana skin* dimurnikan kemudian dipress dengan menggunakan alat *hand-press* dan dikeringkan di udara terbuka sehingga diperoleh lembaran tipis *nata de banana skin* kering. Lembaran *nata* kering tersebut kemudian dipotong kecil-kecil dan dihaluskan hingga menjadi serbuk untuk diasetilasi menjadi selulosa asetat.

Serbuk *nata de banana skin* berwarna putih kecoklatan merupakan selulosa yang akan digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan selulosa asetat. Selulosa asetat dibuat melalui proses asetilasi selulosa. Asetilasi selulosa berlangsung dalam sistem heterogen dengan menggunakan asam asetat sebagai pelarut atau media asetilasi, anhidrida asetat sebagai pereaksi, dan asam sulfat sebagai katalis (Masaoka *et al.*, 1993). Tahapan proses pembuatan selulosa asetat adalah aktivasi, asetilasi, hidrolisis, dan pemurnian. Serbuk selulosa asetat yang dihasilkan berwarna coklat muda. Selulosa asetat yang diperoleh dilakukan analisis struktur gugus fungsi. Gambar 1

adalah serbuk selulosa asetat yang dihasilkan.



Gambar 1. Serbuk selulosa asetat.

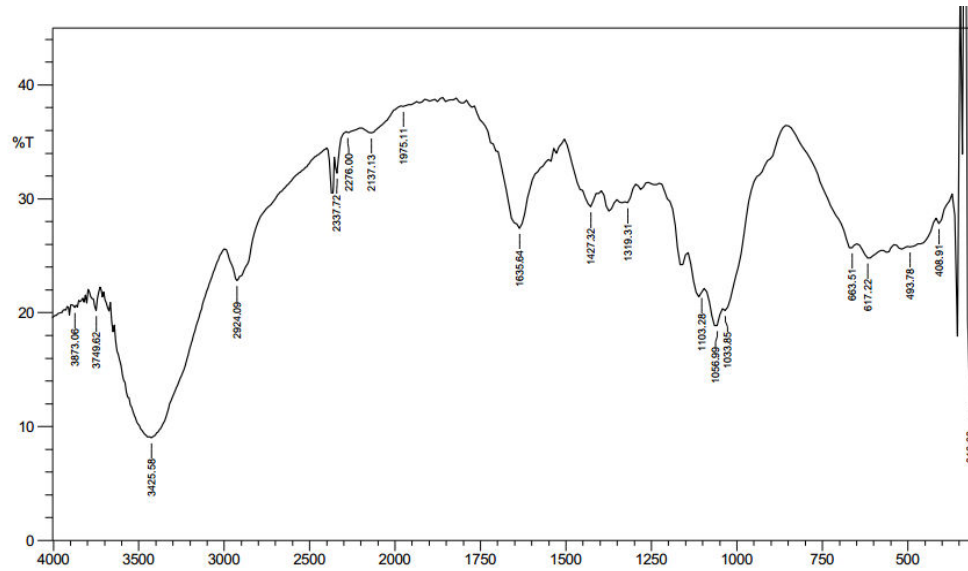
Hasil analisis gugus fungsi

Selulosa dan selulosa asetat hasil sintesis dianalisis dengan menggunakan FTIR sehingga diperoleh spektrum FTIR selulosa dan selulosa asetat *nata de banana skin*. Perbedaan kedua spektrum FTIR terletak pada daerah bilangan gelombang $1751,36 \text{ cm}^{-1}$ yang diidentifikasi sebagai gugus C=O karbonil terlihat dengan puncaknya yang tajam dan C-O asetil yang berada pada daerah bilangan gelombang $1242,16 \text{ cm}^{-1}$. Hasil FTIR menunjukkan bahwa selulosa telah diasetilasi dan proses asetilasi selulosa menjadi selulosa asetat dapat dikatakan berhasil. Serapan pada bilangan gelombang $3487,30 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur gugus O-H. Gugus O-H yang dihasilkan pada selulosa asetat *nata de banana skin* diduga

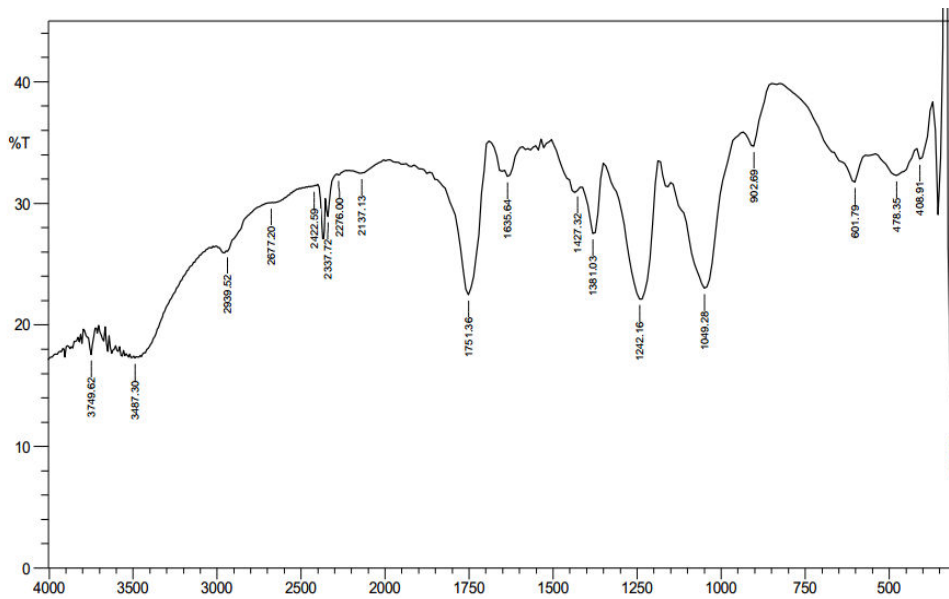
merupakan gugus hidroksil dari selulosa yang tidak tersubstitusi oleh gugus asetil seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3 (Tresnawati, 2006).

Membran komposit CA-PS

Pembuatan membran komposit CA-PS dilakukan dengan metode inversi fasa atau pembalik fasa. Inversi fasa adalah proses dimana polimer diubah dari bentuk larutan menjadi bentuk padatan secara terkontrol (Mulder, 1996). Pembuatan membran komposit CA-PS dilakukan dengan membuat larutan polimer CA (15% [b/v]) dan PS (10% [b/v]) dalam pelarut campuran diklorometan-aseton (1:1). Lapisan tipis polimer yang dihasilkan digunakan sebagai membran seperti pada Gambar 4.



Gambar 2. Spektrum FTIR selulosa *nata de banana skin*.



Gambar 3. Spektrum FTIR selulosa asetat *nata de banana skin*.

Karakteristik membran komposit CA-PS

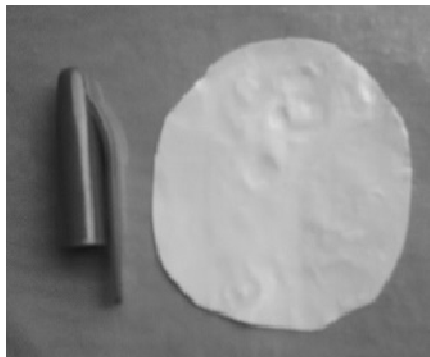
a. Uji kuat tarik

Karakterisasi membran CA-PS dilakukan salah satunya dengan metode uji tarik. Semakin sulit suatu

bahan (membran) ditarik maka semakin baik bahan tersebut digunakan dalam aplikasi teknologi membran. Nilai modulus adalah salah satu sifat mekanis yang merupakan

ukuran dari ketahanan suatu material untuk mengalami perubahan bentuk. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai modulus dari membran CA dan CA-PS yaitu sebesar 6,25 MPa dan 10,38 MPa. Semakin

besar harga modulus maka semakin kaku suatu membran. Membran yang semakin kaku memiliki struktur yang semakin rapat dan memiliki kuat tarik yang lebih baik.

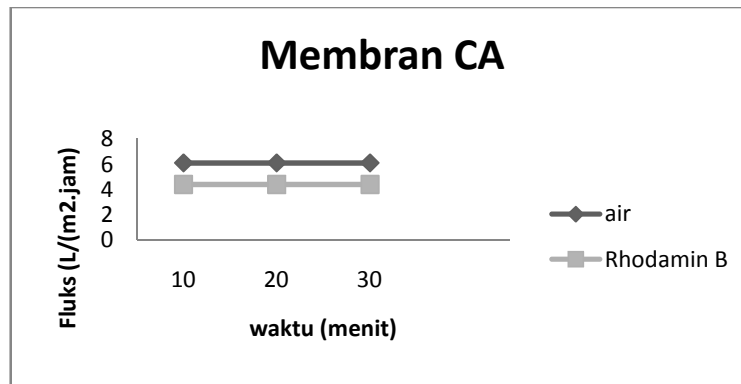


Gambar 4. Membran komposit CA-PS.

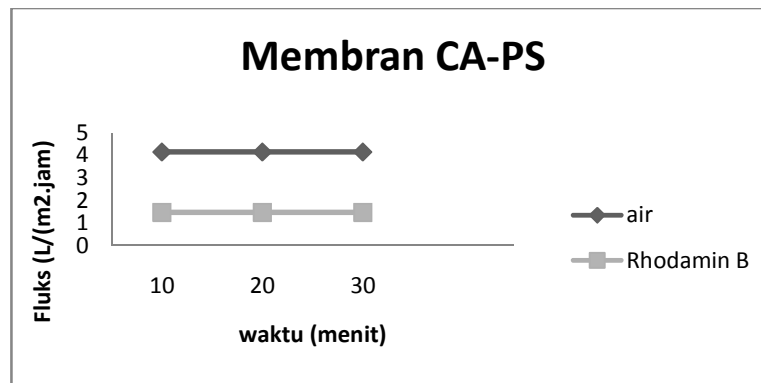
b. Aplikasi pada alat "dead-end" dan penentuan fluks pemisahan

Proses filtrasi pada penelitian ini menggunakan alat dengan metode *dead-end*. Sistem *dead-end*, arah aliran tegak lurus terhadap membran. Sistem ini mempunyai kelemahan yaitu cenderung mengakibatkan *fouling* yang sangat tinggi. *Fouling* adalah peristiwa penyerapan partikel pada bagian dalam dan luar permukaan membran. Metode *dead-end* ini dipilih mengingat kemudahan dalam pembuatan alat dan operasinya.

Pengukuran fluks air terhadap membran dilakukan pada tekanan sebesar 2 kgf/cm^2 yang diperoleh dari pengaliran udara ke dalam sel filtrasi menggunakan kompresor. Menurut Mulder (1996) jika gaya dorong yang dikenakan terhadap membran konstan maka nilai fluks membran akan konstan setelah tercapai keadaan tetap. Kurva fluks air dan sampel dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Kurva fluks air dan sampel membran CA.



Gambar 6. Kurva fluks air dan sampel membran CA-PS.

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan membran CA dan membran komposit CA-PS diperoleh nilai fluks air dan sampel berturut-turut sebesar 6,0956 L/(m².jam); 4,3889 L/(m².jam), dan 4,1450 L/(m².jam); 1,4629 L/(m².jam). Nilai fluks membran komposit CA-PS yang diperoleh lebih kecil dibandingkan nilai fluks membran selulosa asetat (CA) *nata de banana skin*. Mulder

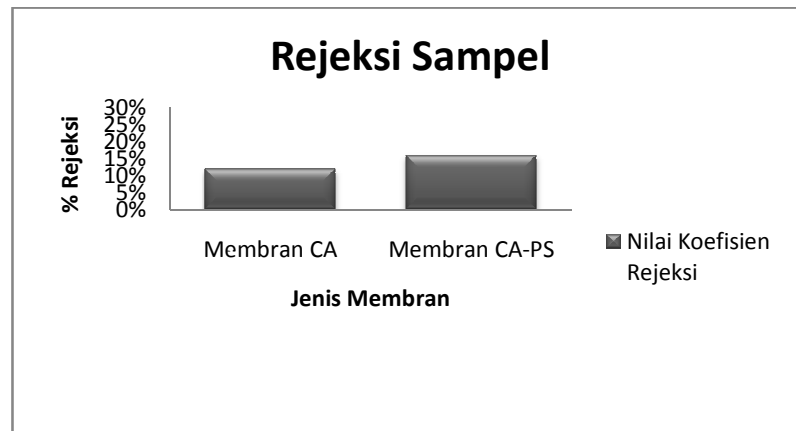
(1996), menyatakan bahwa konsentrasi polimer pembentuk membran sangat mempengaruhi ciri membran yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi polimer pembentuknya, membran yang dihasilkan semakin padat sehingga fluks membran akan semakin kecil.

Penentuan koefisien rejeksi

Rejeksi adalah kemampuan membran untuk menahan suatu

komponen agar tidak melewati membran. Semakin besar nilai rejeksi suatu *solute* berarti semakin selektif membran tersebut dalam melewatkan

partikel-partikel dalam larutan umpan (Mulder, 1996). Hasil dari uji rejeksi sampel (*rhodamine B*) dapat dilihat pada Gambar 7.



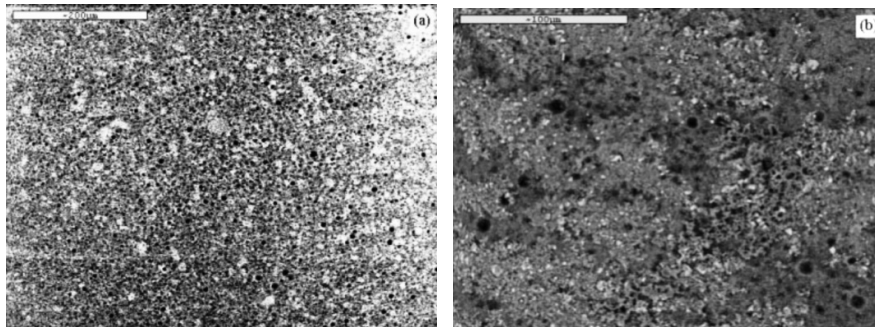
Gambar 7. Grafik nilai koefisien rejeksi sampel.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran pada panjang gelombang (λ) 550 nm diperoleh nilai koefisien rejeksi sampel (*rhodamine B*) membran selulosa asetat (CA), dan membran komposit CA-PS berturut-turut sebesar 12% dan 16%. Membran komposit CA-PS memiliki nilai koefisien rejeksi sampel lebih besar dibandingkan membran selulosa asetat (CA). Hal ini dikarenakan membran komposit CA-PS memiliki struktur molekul yang lebih rapat sehingga partikel berukuran makromolekul akan tertahan pada

membran dan sebagian partikel dengan ukuran mikro dapat melewati membran (Mulder, 1996).

Hasil analisa morfologi (SEM)

Sifat morfologi membran, seperti porositas dan tekstur permukaan, dapat diketahui dengan analisis menggunakan SEM. Berdasarkan hasil SEM, terlihat bahwa membran yang dihasilkan memiliki tekstur yang tidak rata serta jumlah dan ukuran pori-pori yang acak pada permukaannya. Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mikrograf SEM membran a) CA; dan b) CA-PS dengan perbesaran $\times 3500$.

Pori-pori yang terbentuk ditunjukkan dengan tanda lingkaran. Ukuran rerata pori-pori membran CA dan CA-PS secara berurutan adalah 20,623 dan 5,114 μm . Gambar 8 memperlihatkan bahwa membran komposit CA-PS memiliki jumlah pori-pori yang lebih sedikit akibat adanya penambahan polistirena yang membuat struktur membran menjadi lebih rapat sehingga mengurangi jumlah pori-pori yang terbentuk. Pembentukan pori-pori membran terjadi secara acak dan hanya terdapat pada sebagian permukaannya yang menegaskan bahwa membran yang dihasilkan bersifat asimetris. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mulder (1996), yaitu CA merupakan bahan dasar pembuatan membran asimetris.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut, yaitu:

1. Pengaruh penambahan PS terhadap membran CA dapat meningkatkan nilai kuat tarik, meningkatkan selektivitas membran, menurunkan nilai fluks dan membuat jumlah pori-pori membran lebih sedikit karena struktur molekulnya yang menjadi lebih rapat.
2. Proses pemisahan limbah batik (*rhodamine B*) dengan membran komposit CA-PS dapat berlangsung dengan baik tetapi dengan persentase yang masih kecil berdasarkan nilai koefisien rejeksi.

Daftar Pustaka

- Arifah, I.N., 2012. Sintesis dan karakterisasi selulosa asetat dari *nata de banana skin* dengan metode asetilasi. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, (Tidak dipublikasikan).
- Atmawati, 2005. Pengaruh penambahan kadar gula dalam pembuatan *nata de pina* dari kulit nanas. *Laporan Akhir Sekolah Tinggi, Farming, Semarang*. (Tidak dipublikasikan).
- Chatterjee D., Vidya R.P., dan Anindita, S., 2007. Kinetics of the decoloration of reactive dyes over visible light-irradiated TiO₂ semiconductor photocatalyst. *Journal of Hazardous Materials*, 156:435-441.
- Cowd, M.A., 1982. *Polymer chemistry*. London: J Murray.
- Lapuz, M.M., Goraldo, E.G., dan Palo, M.A., 1967. The nata organism cultural requirements, characteristics and identity. *The Philipines Journal of Science*, 96(2):91-109.
- Masaoka S., Ohe, T., dan Sakota, N., 1993. Producing of cellulose from glucose by *Acetobacter xylinum*. *Ferment Bioeng*, 75:18-22.
- Meenakshi, P., Noorjahan, S.E., Rajini, R., Venkateswarlu, U., Rose, C., dan Sastry, T.P., 2001. Mechanical and microstructure studies on the modification of CA film by blending with PS. *Bull Mater Sci*, 25:25-29.
- Mulder, M., 1996. *Basic principles of membrane technology*, 2nd edition. Netherland: Kluwer Academic Publisher.
- Scott, K. dan Hughes, R., 1996. *Industrial membrane separation technology*. London: Academic and Professional.
- Susanti, L., 2006. Perbedaan penggunaan jenis kulit pisang terhadap kualitas nata. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang. (Tidak dipublikasikan).
- Tresnawati, A., 2006. Kajian spektroskopi inframerah transformasi fourrier dan mikroskop susunan elektron membran selulosa asetat dari limbah nanas. *Skripsi*. FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak Dipublikasikan)

