



## Sintesis dan Uji Kinerja Membran Selulosa Termodifikasi Polistirena dari Ampas Tebu dengan Aditif *Monosodium Glutamate* untuk Menurunkan Nilai BOD dan COD Limbah Cair Tahu

[Synthesis and Performance Testing of Modified Cellulose Membrane with Polystyrene Derived from Sugarcane Bagasse and Monosodium Glutamate Additive for Decreasing BOD and COD Values in Tofu Wastewater]

Alvino Jefferson Sianipar, Senny Widyaningsih✉, Suyata

*Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia*

**Abstract.** Tofu liquid waste, which has high BOD and COD values, can contaminate waters if it is directly disposed of without prior treatment. Therefore, waste treatment is necessary before being released into water. One method for treating this waste is by using a cellulose acetate membrane. In this research, a cellulose acetate membrane was synthesized from sugarcane bagasse fibers using the phase inversion method. The membrane was added 6% MSG as an additive to improve its performance. The membrane was applied to treat tofu waste with BOD and COD parameters. The membrane's flux values obtained in this study were 33.56 L/(m<sup>2</sup>.hour) for water and 26.85 L/(m<sup>2</sup>.hour) for tofu liquid waste. SEM test result showed that the membrane with a 6% MSG additive had more pores and a denser surface compared to the membrane without the additive. The membrane was capable of decreasing BOD and COD values by 62.5% and 75.3% respectively in liquid tofu waste.

**Keywords:** BOD, COD, flux, phase inversion, sugarcane bagasse, tofu wastewater

**Abstrak.** Limbah cair tahu mengandung nilai BOD dan COD yang tinggi, sehingga dapat mencemari perairan bila langsung dibuang tanpa diolah terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan. Salah satu cara untuk pengolahan limbah ini adalah menggunakan membran selulosa asetat. Pada penelitian ini dilakukan sintesis membran selulosa asetat dari serat ampas tebu menggunakan metode inversi fasa. Membran ditambahkan MSG 6% sebagai aditif untuk meningkatkan kinerjanya. Membran tersebut diaplikasikan untuk mengolah limbah tahu dengan parameter BOD dan COD. Nilai fluks membran yang diperoleh pada penelitian ini adalah 33,56 L/(m<sup>2</sup>.jam) untuk air dan 26,85 L/(m<sup>2</sup>.jam) untuk limbah cair tahu. Hasil uji SEM menunjukkan membran dengan aditif MSG 6% memiliki jumlah pori yang lebih banyak dan permukaannya lebih rapat dibandingkan dengan membran tanpa aditif. Membran tersebut mampu menurunkan BOD sebesar 62,5% dan COD sebesar 75,3% pada limbah cair tahu.

**Kata kunci:** BOD, COD, fluks, inversi fasa, ampas tebu, limbah cair tahu

Diterima: 26 Juni 2023, Disetujui: 14 Agustus 2023

Sitasi: Sianipar, A.J., Widyaningsih, S., Suyata. (2023). Sintesis dan Uji Kinerja Membran Selulosa Termodifikasi Polistirena dari Ampas Tebu dengan Aditif Monosodium Glutamate untuk Menurunkan Nilai BOD dan COD Limbah Cair Tahu. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 9(2): 183-194.

### LATAR BELAKANG

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang sering dijumpai, baik di daerah

perkotaan maupun pedesaan, seperti daerah-daerah kawasan industri pabrik maupun industri rumahan seperti Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM), seperti limbah industri tahu. Tak jarang limbah industri tahu tersebut

✉ Corresponding author

E-mail: [senny.widyaningsih@unsoed.ac.id](mailto:senny.widyaningsih@unsoed.ac.id)

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2023.v9.i2.16443>



langsung dibuang ke badan perairan tanpa diolah terlebih dahulu. Limbah cair tahu diperoleh dari hasil penyaringan, pengepresan dan pencetakan tahu. Limbah cair tahu memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Senyawa organik yang tinggi dalam kandungan limbah cair tahu ini dapat meningkatkan kadar BOD dan COD (Yuliyani & Widayatno, 2020).

Parameter pengujian pencemaran air limbah, yaitu kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). BOD adalah karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018). COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Lumaela et al., 2013). Limbah cair tahu umumnya memiliki nilai BOD dan COD yang tinggi. Bila merujuk pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD dan COD secara berturut-turut adalah 150 mg/L dan 275 mg/L, sehingga limbah cair tahu harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan perairan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair tahu adalah menggunakan teknologi membran. Membran merupakan suatu lapisan tipis dengan bersifat semipermeabel dan selektif. Penggunaan membran saat ini sudah sering dijumpai di berbagai bidang, salah satunya bidang pengolahan limbah (Husni dkk., 2018). Teknologi membran memiliki keunggulan,

seperti lebih sederhana, ekonomis, ramah lingkungan, dan berlangsung pada suhu kamar (Putri, 2017). Salah satu jenis polimer bahan baku membran adalah selulosa asetat (SA). Selulosa asetat diperoleh dari hasil asetilasi selulosa berbagai macam sumber, termasuk dari serat bahan alam, salah satunya ampas tebu (*bagasse*). Selama ini, ampas tebu hanya ditumpuk di sekitar pabrik gula maupun di tempat penjualan minuman tebu (es tebu) atau dibuang begitu saja karena dinilai tidak memiliki nilai ekonomis jika tidak dikelola secara tepat. Jika ditinjau secara kimiawi, ampas tebu memiliki kandungan selulosa 40-50%, sehingga ampas tebu berpotensi sebagai sumber selulosa pada pembuatan selulosa asetat untuk bahan baku membran (Wulandari & Dewi, 2018; Mandal & Chakrabarty, 2011).

Membran selulosa asetat memiliki sifat sifat mudah robek (Suhartini dkk., 2020) sehingga perlu dilakukan modifikasi. Menurut Cowd (1982), membran selulosa asetat dengan penambahan polimer sintetik, yaitu polistirena (PS) memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan selulosa asetat. Polistirena dapat digunakan sebagai campuran polimer alami untuk meningkatkan kekuatan membran yang diperoleh (Meenakshi et al., 2002). Selain itu, membran juga perlu ditambahkan aditif guna mempengaruhi morfologi dari membran, kondisi fisik dan kinerja membran yang dihasilkan. Beberapa aditif yang dapat digunakan dalam pembuatan membran selulosa asetat salah satunya *Monosodium Glutamate* (MSG). MSG dapat dijadikan sebagai aditif karena memiliki sifat yang sangat hidrofilik karena adanya gugus hidroksil, murah dan mudah didapat. Pelarut yang digunakan untuk melarutkan MSG adalah asam format (Idris et al., 2008). Penelitian Idris

et al. (2008) melaporkan bahwa penambahan MSG dengan konsentrasi 6% pada membran selulosa asetat memiliki kinerja paling baik dalam menghasilkan pori membran.

Penelitian Ayusnika dkk. (2014) membuat membran SA-PS berbahan dasar limbah kulit pisang dan diaplikasikan untuk pemisahan limbah batik. Firdaus dan Febiyanto (2019) membuat membran SA-PS berbahan dasar limbah kulit nanas untuk penyisihan metilen biru. Penelitian terkait pembuatan membran SA-PS berbahan dasar ampas tebu dengan aditif MSG belum dilaporkan. Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan membran SA-PS berbahan dasar dari ampas tebu (*bagasse*) dengan penambahan MSG 6% untuk meningkatkan kinerja membran. Membran yang diperoleh selanjutnya diuji menggunakan SEM, diukur nilai fluksnya serta dimanfaatkan sebagai filter untuk penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair tahu.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya meliputi serat ampas tebu (*bagasse*) yang diperoleh dari penjual es tebu di Purwokerto, limbah cair tahu yang diperoleh dari pabrik tahu Kaliputih Purwokerto, akuades, NaOH p.a (Merck), asam asetat glasial p.a (Merck), indikator fenolftalein, HCl p.a (Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> p.a (Merck), anhidrida asetat p.a (Merck), natrium asetat p.a (Merck), metanol p.a (Merck), etanol, kloroform p.a (Merck), polistirena (Sigma-Aldrich) MSG (Sasa), HCl p.a (Merck), NaN<sub>3</sub> (Merck), CaCl<sub>2</sub> (Merck), MgSO<sub>4</sub> (Merck), FeCl<sub>3</sub>, MnSO<sub>4</sub> p.a (Merck), HgSO<sub>4</sub> p.a (Merck), KMnO<sub>4</sub> (Merck),

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Merck), KI (Merck), buffer fosfat dan koagulan tawas (lokal).

Peralatan yang digunakan meliputi sel filtrasi *dead-end*, *water bath*, *hot plate magnetic stirrer*, oven, batang pengaduk, *blender*, termometer, timbangan analitik, *beaker glass*, Erlenmeyer, labu takar, corong Buchner, indikator pH, *stopwatch*, desikator, pelat kaca, kertas saring, *fourier transform infrared* (FTIR) 8201 PC Shimadzu, SEM Jeol JSM 6510 LA, seperangkat alat titrasi, nampan, buret, botol Winkler, dan cawan petri.

### Prosedur Penelitian

#### **Preparasi selulosa dari ampas tebu (*bagasse*)**

Ampas tebu yang telah dikeringkan di bawah sinar matahari, dikeringkan kembali dengan menggunakan oven pada suhu 85 °C selama 16 jam. Ampas tebu tersebut kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender dan dikeringkan kembali dengan menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 16 jam. Ampas tebu halus ditimbang sebanyak 100 g dan dimasukkan ke dalam gelas beaker 3 L, selanjutnya ditambahkan 5 L NaOH 15%, diaduk dan dipanaskan dengan menggunakan hotplate dan magnetic stirrer pada suhu 110 °C selama 4 jam. Hasil leburan selanjutnya disaring dan dicuci endapannya dengan akuades, dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100 °C. Residu yang diperoleh dihidrolisis dengan larutan HCl 0,1 M sebanyak 1000 mL (perbandingan 1 : 10) dan dipanaskan pada suhu 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya, dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH netral dan endapan dikeringkan (Selpiana dkk., 2016).

### Asetilasi selulosa serat ampas tebu (bagasse)

Selulosa serat ampas tebu sebanyak 20 gram dimasukkan ke dalam labu alas bulat lalu ditambahkan 1000 mL asam asetat glasial. Kemudian, diaduk dengan *stirrer* selama 3 jam. Selanjutnya, ditambahkan masing-masing 50 mL anhidrida asetat dan 120 tetes asam sulfat pekat. Campuran diaduk dengan suhu 40 °C selama 20 jam. Sebanyak 45 mL akuades dan 100 mL asam asetat glasial ditambahkan, sambil diaduk dengan *stirrer* selama 2 jam. Lalu, sebanyak 20 gram natrium asetat ditambahkan sambil diaduk selama 5 menit. Campuran dicuci dengan akuades hingga terbentuk endapan dan disaring sampai selulosa asetat menjadi netral, lalu direndam dalam metanol selama 10 menit. Hasil selulosa asetat yang diperoleh disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40 °C, kemudian digerus menjadi serbuk selulosa asetat (Gaol dkk., 2013 termodifikasi).

### Karakterisasi selulosa asetat

#### 1. Analisis gugus fungsi

Serbuk selulosa dan selulosa asetat serat ampas tebu dianalisis spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang 4000-500 cm<sup>-1</sup>.

#### 2. Penentuan kadar asetil

Selulosa asetat sebanyak 0,15 gram dikeringkan pada suhu 100 °C selama 2 jam dan disimpan dalam desikator. Selulosa asetat yang telah didinginkan kemudian dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL bertutup dan ditambahkan 5 mL etanol. Kemudian sebanyak 20 mL NaOH 0,5 M ditambahkan. Campuran ditutup rapat dan diaduk pada suhu 60 °C selama 2 jam. Larutan kemudian didinginkan pada suhu

kamar. Setelah dingin, larutan ditambah 2-3 tetes indikator fenolftalein dan diaduk sampai warna merah muda merata. Larutan tersebut kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,5 M sampai warna merah muda hilang dan ditambahkan dengan 4 mL HCl 0,5 M kemudian diaduk ± 5 menit. Campuran tersebut ditambah 2-3 tetes indikator fenolftalein dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,5 M sampai muncul warna merah muda (Souhoka & Latupeirissa, 2018). Perlakuan yang sama dilakukan untuk blanko. Kadar asetil ditentukan dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\% \text{asetil} = [(D-C)M_a + (A-B)M_b] \times 4,305/W \dots (1)$$

Keterangan:

A = volume NaOH yang terpakai untuk titrasi sampel (mL)

B = volume NaOH yang terpakai untuk titrasi blanko (mL)

C = volume HCl yang terpakai untuk titrasi sampel (mL)

D = volume HCl yang terpakai untuk titrasi blanko (mL)

M<sub>a</sub> = Molaritas HCl

M<sub>b</sub> = Molaritas NaOH

W = Berat sampel

### Penentuan massa molekul relatif selulosa asetat

Sebanyak 0,15 gram selulosa asetat dilarutkan dengan kloroform dalam labu ukur 100 mL (larutan A). Larutan A divariasikan menjadi larutan dengan konsentrasi 0,03; 0,06; 0,09; dan 0,12 g/dL. Pelarut murni (kloroform) sebanyak 15 mL dimasukkan ke dalam viskometer Ostwald dan diukur waktu alirnya pada suhu 25 °C. Pengukuran yang sama dilakukan untuk larutan konsentrasi 0,03; 0,06; 0,09; dan 0,12 g/dL. Nilai massa molekul (M) ditentukan berdasarkan Persamaan 2 (persamaan Mark-Houwink Sakurada).

$$[\eta] = KM^\alpha \dots (2)$$

dimana,  $\eta$  adalah viskositas intrinsik, K dan  $\alpha$  adalah konstanta untuk sistem suhu polimer-pelarut tertentu.

### **Pembuatan membran SA-PS-MSG**

Tahap pertama diawali dengan pembuatan larutan polimer SA (18% [b/v]), PS (10% [b/v]) dalam pelarut campuran diklorometana : aseton (1:1). Larutan dicampur dengan perbandingan SA:PS adalah 9:1 dan ditambahkan 3 mL larutan MSG 6% setiap 100 mL SA:PS. Larutan diaduk dengan magnetik *stirrer* hingga homogen. Kemudian larutan polimer dituang di atas pelat kaca (18cm x18 cm) 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. Membran yang terbentuk kemudian direndam dalam larutan natrium azida 1 ppm (Ayusnika dkk., 2014).

### **Uji SEM membran SA-PS-MSG**

Morfologi membran SA-PS-MSG diuji dengan menggunakan SEM. Perubahan yang diamati diantaranya perubahan morfologi membran meliputi penampakan membran secara umum yaitu penampang lintang, penampang bagian atas dan penampang bawah dari membran difoto dengan perbesaran tertentu.

### **Uji fluks membran**

Sebanyak 5 lembar kertas saring dan membran SA-PS diletakkan dalam sel filtrasi untuk menentukan nilai fluks. Air sebanyak 150 mL dimasukkan ke dalam sel ultrafiltrasi dan ditutup rapat serta diberikan tekanan udara

sebesar 2 kgf/cm<sup>2</sup>. Setelah itu, permeat atau larutan yang keluar melewati membran ditampung selama selang waktu tertentu dengan interval 10 menit dan diukur volumenya. Pengukuran ini dilakukan sampai diperoleh waktu konstan. Perlakuan yang sama dilakukan untuk menentukan nilai fluks limbah dengan mengganti air dengan limbah cair tahu (Apriani dkk., 2018). Nilai fluks dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$J = \frac{V}{A.t} \quad \dots(3)$$

Keterangan:

J = fluks cairan (L/m<sup>2</sup>jam)

V = volume permeat (liter)

t = waktu permeat (jam)

A = luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)

### **Aplikasi membran SA-PS pada pengolahan limbah cair tahu**

Membran SA-PS hasil sintesis digunakan sebagai filter pada pengolahan limbah cair tahu. Diukur BOD dan COD limbah cair tahu sebelum dan sesudah melewati membran. Penentuan nilai BOD menggunakan metode Winkler dan titrasi iodometri serta penentuan COD dengan titrasi iodometri.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Selulosa dari Ampas Tebu**

Selulosa yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari serat ampas tebu. Selulosa dari ampas tebu ini diisolasi dan diperoleh dalam bentuk *pulp*. Tahapan isolasi meliputi penyiapan bahan (serat ampas tebu) yang sudah dibersihkan, perendaman, pengeringan, penghalusan serta delignifikasi. Perendaman ini disebut sebagai proses *water retting*. *Water retting* merupakan proses yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk memisahkan atau membuat zat-zat perekat (*gummy substance*) yang berada di sekitar ampas tebu, sehingga serat mudah terpisah dan terurai (Konwar &

Boruah, 2018). Delignifikasi merupakan proses penghilangan kadar lignin dalam suatu bahan yang berlignoselulosa dengan menggunakan larutan asam dan basa. Delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses. Proses ini akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat (Permatasari dkk, 2013). Delignifikasi dilakukan dengan penggunaan larutan NaOH. Larutan NaOH berfungsi untuk merusak struktur lignin, pengembangan struktur selulosa, dan melarutkan lignin (Pujokaroni et al., 2021). Hasil dari proses delignifikasi yaitu padatan serat berwarna putih kecoklatan.

Selulosa yang diperoleh pada penelitian ini memiliki kadar air sebesar 5,34%. Hasil yang diperoleh sesuai dengan referensi yang menyatakan bahwa kadar air selulosa yang baik untuk memproduksi selulosa asetat berkisar antara 4-7% (Ullmann's Encyclopedia). Kadar lignin selulosa hasil penelitian ini sebesar 2,845%. Menurut (Yulfa dkk., 2019) kandungan lignin dalam *pulp* harus rendah, karena jika kadarnya tinggi maka akan menghasilkan kualitas yang kurang baik. Hal ini disebabkan karena lignin yang tinggi akan memberikan sifat kaku pada *pulp*.

### Selulosa Asetat Hasil Sintesis

Selulosa asetat merupakan salah satu turunan selulosa dari asam organik yaitu asam asetat. Selulosa asetat memiliki karakteristik berbentuk padatan, berwarna putih, tidak berbau, tidak berasa dan tidak beracun serta memiliki kandungan asetil antara 37 – 40,5% (Wahyusi dkk., 2017). Pembuatan selulosa asetat diperlukan empat tahap, yaitu aktivasi, asetilasi, hidrolisis, dan purifikasi. Tahap aktivasi dengan menambahkan *swelling agent*

berupa asam asetat glasial bertujuan untuk memperoleh luas permukaan serat selulosa yang besar sehingga memudahkan difusi asam sulfat dan asetat anhidrida ke dalam serat selulosa (Kirk & Othmer, 1993). Tahap asetilasi dengan menambahkan anhidrida asetat berfungsi sebagai sumber gugus asetil dan asam sulfat pekat sebagai katalis. Proses asetilasi merupakan reaksi eksoterm, sehingga suhu harus dijaga tetap rendah, yaitu 40 °C supaya tidak terjadi depolimerisasi rantai selulosa. Pengadukan pada proses asetilasi membantu homogenisasi larutan selulosa dengan asetat anhidrida, sehingga proses asetilasi dapat berlangsung dengan sempurna (Lindu dkk., 2010).

Tahap hidrolisis bertujuan untuk menghilangkan satu gugus asetil dari selulosa triasetat menjadi selulosa diasetat (Kirk & Othmer, 1993). Tahap ini dilakukan dengan penambahan asam asetat glasial yang berfungsi untuk mempermudah proses pengendapan. Tahap pemurnian bertujuan untuk memperoleh selulosa asetat murni. Perlakuan ini dilakukan dengan pengendapan, pencucian dan pengeringan. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan sisa asam asetat dari proses hidrolisis.

### Karakterisasi selulosa asetat hasil sintesis

#### Spektrum IR

Hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR menunjukkan munculnya puncak serapan baru yang merupakan khas selulosa asetat, yakni gugus karbonil (C=O) pada bilangan gelombang 1751,36 cm<sup>-1</sup> yang tajam dan gugus asetil (C-O ester) yang ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 1234,44 cm<sup>-1</sup>. Meenakshi et al. (2002) menyatakan bahwa spektrum karakteristik vibrasi ulur untuk gugus C-O ester terjadi pada

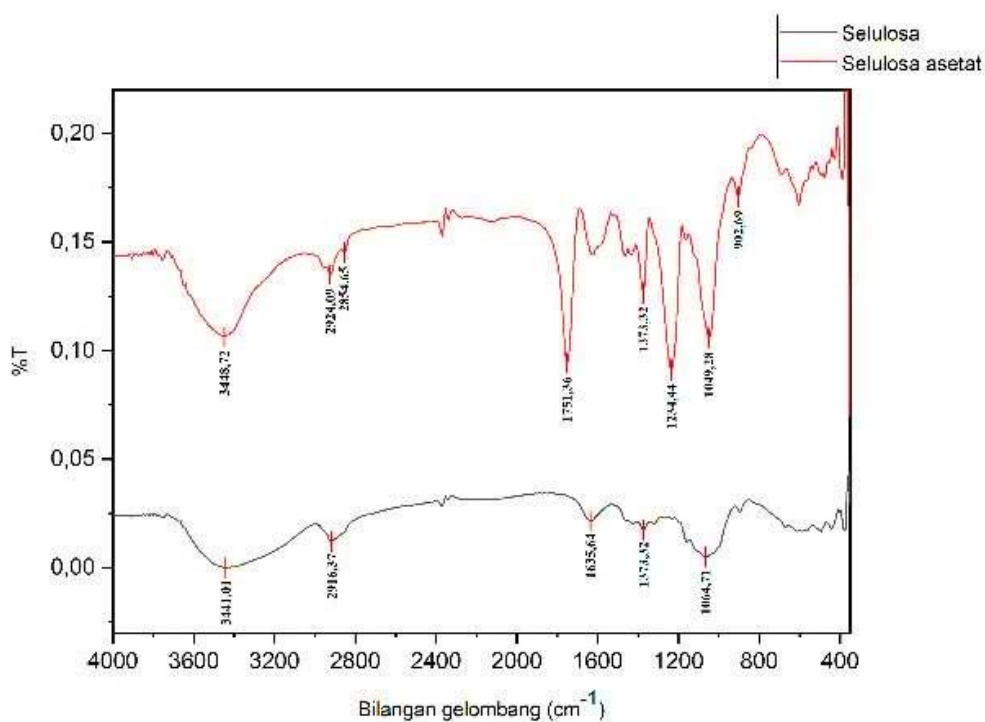


bilangan gelombang 1300-1000  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus karbonil dan asetil yang muncul merupakan puncak serapan baru yang tidak terdapat pada *pulp* selulosa serat ampas tebu. Hal ini mengindikasikan bahwa proses asetilasi selulosa pada penelitian ini telah berhasil dilakukan. Hasil analisa spektrum IR dari selulosa asetat dapat dilihat pada Gambar 1.

#### **Kadar asetil selulosa asetat hasil sintesis**

Penentuan kadar asetil dilakukan untuk menentukan jenis selulosa asetat yang telah disintesis. Jenis selulosa asetat perlu diketahui

agar dapat menentukan larutan yang sesuai untuk melarutkan selulosa asetat kering agar dapat dibuat membran. Penentuan kadar asetil didasarkan pada reaksi penyabunan (saponifikasi), yaitu mereaksikan suatu basa dengan ester asetat membentuk sabun dan gugus asetat yang dilepas sebagai asam dan kemudian dilanjutkan dengan titrasi asam basa. Hasil analisis kadar asetil pada penelitian ini adalah 45,8%. Menurut Gaol dkk. (2013), selulosa asetat yang dihasilkan pada penelitian ini termasuk jenis selulosa triasetat dengan pelarut yang sesuai adalah kloroform.



**Gambar 1** Spektrum IR selulosa dan selulosa asetat

#### **Massa molekul relatif selulosa asetat hasil sintesis**

Massa molekul relatif dari selulosa asetat hasil penelitian ini ditentukan dengan melakukan pengukuran viskositas pelarut dan larutan selulosa asetat menggunakan viskometer Ostwald. Metode pengukuran viskositas pelarut umum digunakan karena lebih cepat dan lebih mudah, serta alatnya yang sederhana. Menurut Apriani dkk. (2018) prinsip

metode ini adalah pengukuran waktu alir yang dibutuhkan bagi cairan yang akan diukur untuk melewati dua tanda batas pipa kapiler karena gaya gravitasi pada viskometer *Ostwald*. Massa molekul relatif selulosa asetat dari serat ampas tebu yang dihasilkan pada penelitian ini adalah  $0,88 \times 10^4$  g/mol. Bila dibandingkan dengan massa molekul relatif selulosa asetat murni, massa molekul relatif hasil penelitian masih

jauh lebih kecil. Massa molekul selulosa asetat murni  $3 \times 10^4$  g/mol (Husni dkk., 2018). Hal ini dipengaruhi oleh panjang serat dari selulosa/bahan dasar, waktu proses perlakuan awal, waktu proses asetilasi dan waktu hidrolisis, komposisi bahan-bahan yang digunakan (Habibah dkk., 2013).

### Membran Komposit SA-PS dengan Aditif MSG

Selulosa asetat hasil sintesis dijadikan sebagai bahan baku pembuatan membran SA-PS. Pembuatan membran SA-PS ini dilakukan dengan menggunakan teknik inversi fasa. Teknik inversi fasa merupakan suatu proses perubahan fasa polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Pembuatan membran dengan teknik ini meliputi empat tahapan, yaitu pembuatan larutan cetak homogen, pencetakan, penguapan sebagian pelarut atau koagulasi parsial dan pengendapan polimer dalam koagulan atau bukan-pelarut (Mulder, 1996). Membran komposit SA-PS pada penelitian ini dibuat dengan komposisi selulosa asetat hasil sintesis dari serat ampas tebu sebagai bahan utama, kloroform sebagai pelarut, serta MSG sebagai aditif. Penambahan zat aditif akan mempengaruhi kondisi fisik suatu membran, sehingga kinerja membran yang dihasilkan meningkat. Membran yang dihasilkan pada penelitian ini bening kekuningan (Gambar 2).



Gambar 2. Membran SA-PS

### Kinerja Membran SA-PS

Salah satu parameter untuk mengetahui kinerja suatu membran adalah fluks. Fluks merupakan jumlah atau banyaknya volume permeat yang mampu melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu (Mulder, 1996). Penentuan fluks membran dilakukan dengan menggunakan alat *dead-end*. Pengukuran fluks membran dilakukan dengan memberi tekanan operasional sebesar  $2 \text{ kgf/cm}^2$ , yang bertujuan untuk memberikan gaya dorong yang lebih besar terhadap larutan untuk melewati membran (Widyaningsih & Purwati, 2013). Sebelum pengukuran nilai fluks dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap membran. Kompaksi didefinisikan sebagai proses deformasi mekanik pada matriks polimer penyusun, yang bertujuan untuk menata ulang pori-pori membran (Rusmaningsih dkk., 2018).

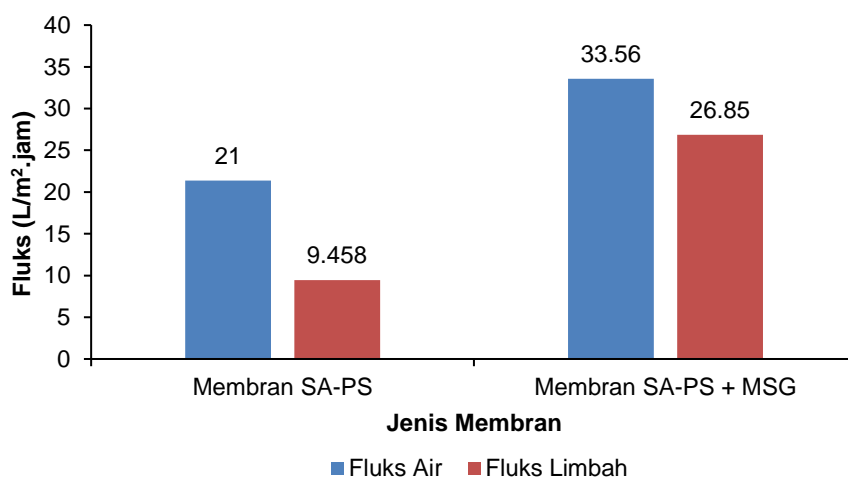
Hasil pengukuran fluks air menggunakan membran SA-PS tanpa aditif dan membran SA-PS dengan aditif MSG 6% pada penelitian ini adalah  $21,358 \text{ L/(m}^2 \cdot \text{jam)}$  dan  $33,56 \text{ L/(m}^2 \cdot \text{jam)}$  sedangkan nilai fluks untuk limbah cair tahu membran SA-PS dan membran SA-PS dengan aditif MSG 6% berturut-turut adalah  $9,458 \text{ L/(m}^2 \cdot \text{jam)}$  dan  $26,85 \text{ L/(m}^2 \cdot \text{jam)}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai fluks air lebih tinggi daripada fluks limbah cair tahu. Hal ini disebabkan karena molekul sampel limbah cair tahu lebih besar dibandingkan dengan molekul air. Sampel limbah cair tahu memiliki pengotor yang akan tertahan pada pori-pori membran sehingga laju alir terhambat dan menyebabkan nilai fluks yang diperoleh lebih kecil. Selain itu, jika ditinjau dari penambahan zat aditif, membran menggunakan aditif menunjukkan nilai fluks yang lebih besar dibandingkan dengan membran tanpa aditif. Hal



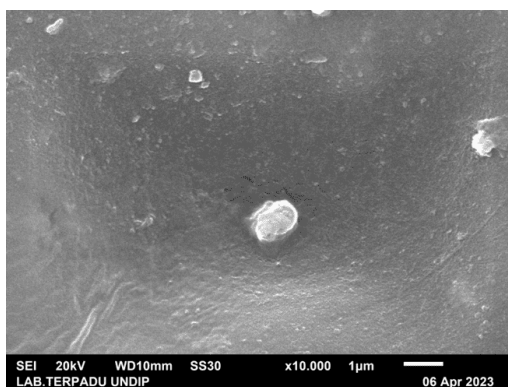
ini dikarenakan penambahan aditif MSG yang berfungsi untuk menambah jumlah pori-pori membran sehingga laju alir permeat semakin besar. Hal ini didukung dari hasil uji SEM yang menunjukkan bahwa jumlah pori membran dengan aditif MSG lebih banyak dibandingkan dengan membran tanpa aditif. Grafik fluk air dan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.

### Morfologi Membran

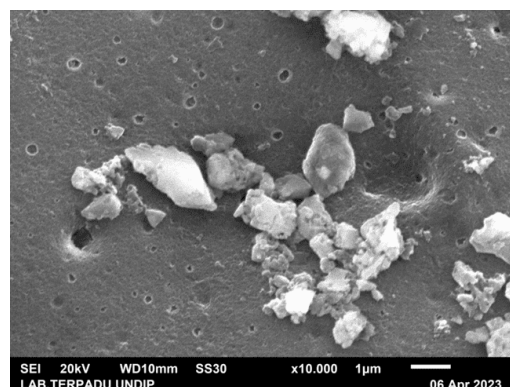
Hasil uji SEM menunjukkan bahwa pada membran SA-PS dengan aditif MSG 6% memiliki pori yang lebih banyak serta lebih rapat dibandingkan membran tanpa aditif. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan adanya penambahan MSG dapat meningkatkan jumlah pori pada membran. Butiran-butiran yang ada pada permukaan membran diduga merupakan polistirena (Gambar 4).



**Gambar 3** Diagram nilai fluks air dan sampel



(a)



(b)

**Gambar 4** Permukaan bagian atas membran SA-PS (a) tanpa aditif dan (b) dengan aditif MSG 6% dengan perbesaran 10000x

### Aplikasi Membran SA-PS pada Penurunan Nilai BOD dan COD Limbah Cair Tahu

Membran yang telah disintesis selanjutnya diaplikasikan untuk menurunkan kadar BOD dan COD limbah cair tahu.

Membran yang digunakan yaitu membran SA-PS tanpa aditif dan membran SA-PS dengan aditif MSG 6%. Sampel yang digunakan untuk filtrasi oleh membran yaitu limbah cair tahu yang telah dilakukan *treatment* koagulasi-

flokulasi. Hal ini dikarenakan masih tingginya pengotor yang terkandung pada limbah awal, yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan pada membran (*fouling*). Nilai

BOD dan COD limbah awal dan setelah difiltrasi oleh membran SA-PS ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Penurunan nilai BOD dan COD limbah cair tahu

Parameter	Sampel limbah cair tahu			
	Sampel awal (mg/L)	Setelah koagulasi (mg/L)	Setelah filtrasi tanpa aditif (mg/L)	Setelah filtrasi dengan aditif (mg/L)
BOD	360	250	195	127,5
COD	1209,6	756	417,6	298,8

Sampel limbah awal memiliki nilai BOD dan COD sebesar 360 mg/L dan 1209,6 mg/L yang menunjukkan nilai tersebut diatas baku mutu air limbah. Setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, mengalami penurunan nilai BOD menjadi 250 mg/L dan COD menjadi 756 mg/L dengan persentase penurunan 29,2% untuk BOD dan 37,5% untuk COD. Setelah dilakukan filtrasi oleh membran tanpa aditif, nilai BOD mengalami penurunan menjadi 195 mg/L, dengan persentase penurunan 45,83% serta nilai COD menjadi 417,6 mg/L dengan persentase penurunan 65,48%. Adapun nilai BOD dan COD setelah filtrasi oleh membran dengan aditif MSG 6% mengalami penurunan menjadi berturut-turut 127,5 mg/L dan 298,8 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 64,58% untuk BOD dan 75,3% untuk COD. Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa membran SA-PS dengan aditif MSG 6% memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan membran SA-PS tanpa aditif. Hal tersebut dapat disebabkan karena struktur membran yang berbeda.

Nilai BOD limbah hasil filtrasi membran dengan aditif MSG 6% pada penelitian ini sudah di bawah baku mutu, tetapi untuk nilai COD belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Provinsi

Jawa Tengah No. 05 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe dengan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD dan COD adalah 150 mg/L dan 275 mg/L.

## KESIMPULAN

Membran dengan aditif MSG 6% yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki permukaan pori yang lebih rapat serta jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan membran tanpa aditif dengan nilai fluks sampel limbah cair tahu setelah koagulasi dari membran SA-PS tanpa aditif dan membran SA-PS dengan aditif MSG 6% adalah 9,458 L/(m<sup>2</sup>.jam) dan 26,85 L/(m<sup>2</sup>.jam). Membran ini mampu menurunkan BOD sebesar 64,58% dan nilai COD sebesar 75,3%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R., Rohman, T., dan Mustikasari, K. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9(2), 91-98.
- Ayusnika, R., Gunawan, H., Ismawati, Nugroho, M. W., Apriliani, R. N., dan Widyaningsih, S. (2014). Membran Komposit CA-PS Pemisah Limbah Batik (Rhodamin B) dengan Dead-end Membran Reactor. *PHARMACY*, 11(02), 200–214.

- <https://ejournal.bioscientifica.com/view/journals/eje/171/6/727.xml>
- Cowd, M. A. (1982). *Polymer Chemistry*. J Murray, London.
- Firdaus, I. M., dan Febiyanto. (2019). Synthesis of Cellulose Acetate-Polystyrene Membrane Composites from Pineapple Peel Wastes for Methylene Blue Removal. *Al-Kimia*, 7(2), 113-125.
- Gaol, M. R. L. L., Sitorus, R., S, Y., Surya, I., dan Manurung, R. (2013). Pembuatan Selulosa Asetat Dari A-Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 33-39. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i3.1447>
- Habibah, R., Nasution, D. Y., dan Muis, Y. (2013). Penentuan berat molekul dan derajat polimerisasi alpha-selulosa yang berasal dari alang-alang (*Imperata cylindrica*) dengan metode viskositas. *Jurnal Saintia Kimia*, 1(2), 1-6.
- Husni, D. A. P., Rahim, E. A., dan Ruslan. (2018). Pembuatan Membran Selulosa Asetat Dari Selulosa Pelepah Pohon Pisang. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 4(1), 41-52.
- Idris, A., Kee, C.M., and Ahmed, I. (2008). Effect of Monosodium Glutamate Additive On Performance Of Dialysis Membrane. *J. Sci. Technol*, 3(2), 172 - 179.
- Kirk, B. E., and Othmer, D. F. (1993). *Encyclopedia of Chemical Technology*. The interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Konwar M., and Boruah RR. (2018). Utilization of pineapple waste as textile application: A Review. *International Journal of Applied Home Science*, 5(6), 906-910.
- Lindu, M., Puspitasari, T., dan Ismi, E. (2010). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari Nata de Coco Sebagai Bahan Baku Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 17-23.
- Lumaela, A.K., Otok, B.W & Sutikno. 2013. Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai Di Surabaya Dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1), 100-105.
- Mandal, A and Chakrabarty, D. (2011). Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydrate Polymers*, 86: 1291-1299
- Meenakshi, P., Noorjahan, S. E., Rajini, R., Venkateswarlu, U., Rose, C., and Sastry, T. P. (2002). Mechanical and Microstructure Studies on the Modification of CA Film by Blending with PS. *Bulletin of Materials Science*, 25(1), 25-29.
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer, Netherland.
- Permatasari, H. R., Gulo, F. dan Lesmini, B., 2013. Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa apus*). *Jurnal Penelitian Pendidikan Kimia*, 1(2), 131 - 140.
- Pujokaroni, A. S., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2021). Sintesis dan karakterisasi sodium karboksimetil selulosa dari serabut kelapa sawit. *Journal of Tropical AgriFood*, 3(2), 101-113. <https://doi.org/10.35941/jtaf.3.2.2021.6656.101-113>
- Putri, R.F. (2017). *Penyiapan, Pencucian, Dan Aplikasi Membran Bioreaktor Pada Pengolahan Air Limbah Domestik*. [Skripsi]. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rusmaningsih, A., Syahbanu, I., dan Destiarti, L. (2018). Uji Fluks Membran Polisulfon/Polietilen Glikol/Selulosa Asetat Dari Nata De Coco. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 84-90.
- Santoso, A.D. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD Dan COD Di Danau Bekas Tambang Batu Barastudi Kasus Pada Danau Sangatta North Pt. Kpc Di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 89-96
- Selpiana., Patricia., dan Anggraeni, C.P. (2018). Pengaruh Penambahan Kitosan

- Dan Gliserol Pada Pembuatan Bioplastik Dari Ampas Tebu Dan Ampas Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(1), 18-24.
- Souhoka, F.A., dan Latupeirissa, J. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA). *Indo. J. Chem. Res.*, 5(2), 58-62.
- Suhartini, M., Santoso, P., Ernawati, E., dan Panjaitan, A. Y. (2020). Peningkatan Sifat Fisik Kimia Membran Selulosa Asetat Menggunakan Polifungsional Monomer *Trimethallyl Isocynurate*. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(1), 20-28
- Widyaningsih, S., dan Purwati, P. (2013). Pemanfaatan Membran Nata De Coco Sebagai Media Filtrasi Untuk Rekoveriminyak Jelantah. *Molekul*, 8(1), 20–30.  
<https://doi.org/10.20884/1.jm.2013.8.1.122>
- Wahyusi, K.N., Siswanto., dan Utami, L.I. (2017). Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 35-39.
- Wulandari, W.T., dan Dewi, R. (2018). Selulosa Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Minyak Bekas Penggorengan. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 4(3), 332-339.
- Yulfa, D., Mayerni, R., dan Yusniwati, Y. (2019). Kualitas Kimia Serat beberapa Klon Rami Asal Sumatera Barat. *Agrotechnology Research Journal*, 3(2), 115–120.  
<https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v3i2.34761>
- Yuliyani, L., dan Widayatno, T. (2020). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Dan Kuat Arus Terhadap Penurunan Kadar COD , TSS Dan BOD Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Secara Kontinyu. *The 11th University Research Colloquium*, 48–55.