

# PEMBUATAN MEMBRAN KOMPOSIT POLISULFON - SELULOSA ASETAT UNTUK PEMISAHAN ZAT WARNA TEKSTIL

Oleh:  
Heru Pratomo Al.  
Staf Pengajar FMIPA UNY

## Abstract

*The purpose of this work is, to determine the role of support composite polysulfone - cellulose acetate membrane in separating textile dyes. The subject is the textile dyes, and the object is dispersing textile dyes. The solution of the textile dyes (red, yellow and blue) made as wastewater from textile industry. It can be concluded that the support composite polysulfone - cellulose acetate membrane showed good permeability and high permselectivity in separating textile dyes.*

*Keywords: composite membrane, textile dyes.*

## PENDAHULUAN

Teknologi pemisahan merupakan suatu pengetahuan yang penting dalam proses industri. Salah satu teknik yang banyak dipergunakan dalam proses pemisahan adalah teknologi membran. Pemilihan terhadap teknik ini, karena berbagai sifat membran yang menguntungkan dan dapat dipergunakan luas untuk berbagai proses pemisahan. Keuntungan dalam penggunaan teknologi membran terletak pada beberapa hal, antara lain: sederhana dalam proses pemisahannya, dapat berlangsung pada suhu kamar, sifatnya yang tidak destruktif sehingga tidak menimbulkan perubahan (degradasi) dari zat yang dipisahkan baik secara fisis maupun kimia. Selain

daripada itu, membran juga memiliki beberapa kelebihan dalam proses pemisahan, yaitu pemisahan dapat berjalan secara sinambung serta tidak terlalu banyak membutuhkan energi (Mulder, 1996: 7). Proses membran dapat dikombinasikan dengan proses pemisahan lainnya, dan dalam kondisi yang mudah serta tidak perlu memerlukan tambahan zat lain.

Suatu jenis membran komposit selulosa asetat untuk proses osmosis balik telah dibuat oleh Riley (Riley et al.: 1971, 1265) dan ternyata jenis membran ini mempunyai efektivitas pemisahan dan kinerja yang baik untuk proses desalinasi air laut. Teknik pembuatan membran komposit dilakukan dengan cara melapiskan suatu lapisan polimer tertentu di atas suatu membran lain yang berpori dari jenis polimer yang lain.

Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya perbedaan ukuran pori, bentuk serta struktur kimianya. Pada mulanya proses dalam membran terdiri dari mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, osmosis balik, dialisis, dan membran elektrolisis. Kemudian untuk generasi selanjutnya dikenal: pemisahan gas, permeasi uap, peryaporasi, destilasi membran, kontraktor membran, dan proses membran menggunakan zat pembawa (*carrier*). Proses pemisahan atau terjadinya transfer massa ini disebabkan oleh adanya daya dorong, seperti: gradien

temperatur ( $\Delta T$ ), gradien konsentrasi ( $\Delta C$ ), gradien tekanan ( $\Delta P$ ), dan gradien potensial kimia ( $\Delta \mu$ ).

Beberapa proses pemisahan menggunakan membran, antara lain:

#### 1. Dialisis

Dialisis yaitu proses pemisahan koloid bermuatan yang mempunyai berat molekul kecil. Menurut proses ini, zat terlarut dalam larutan yang konsentrasinya tinggi akan melewati membran menuju larutan yang konsentrasinya lebih rendah. Proses dialisis yang dilakukan dengan menggunakan bantuan listrik disebut elektrodialisis. Akhir-akhir dialisis banyak dipergunakan dalam proses pencucian darah (hemodialisis).

#### 2. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi, yaitu salah satu cara pemisahan menggunakan membran yang memanfaatkan gaya dorong berupa perbedaan tekanan. Pada proses ini, partikel dipisahkan berdasarkan perbedaan ukurannya. Membran untuk keperluan mikrofiltrasi mempunyai diameter pori antara 0,02 - 10  $\mu\text{m}$ , sehingga partikel dengan ukuran yang lebih besar daripada pori membran akan dapat ditahan oleh membran. Proses ini biasanya dipakai untuk memisahkan partikel-partikel terdispersi. Umumnya proses ini dapat dilakukan pada tekanan rendah ( $\pm 1$  atm.), dan berbagai suhu

termasuk pada suhu yang rendah. Membran mikrofiltrasi dapat diterapkan dalam industri, seperti: sterilisasi dan klarifikasi berbagai jenis minuman dan industri farmasi.

#### 3. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi, yaitu proses yang pada dasarnya sama dengan mikrofiltrasi tetapi berbeda dalam hal ukuran pori membran. Membran ultrafiltrasi memiliki ukuran pori yang lebih kecil daripada membran mikrofiltrasi, sehingga dapat menahan partikel-partikel yang lebih kecil. Sampai sekarang banyak digunakan dalam industri untuk memisahkan suatu larutan cair, dan akhir-akhir ini sudah mulai dicoba untuk larutan non-cair. Ultrafiltrasi sering digunakan untuk fraksionasi makromolekul, serta dalam industri makanan, industri farmasi, industri tekstil, industri metalurgi, industri kertas, dan industri kulit.

#### 4. Osmosis balik

Osmosis balik, menggunakan membran yang dapat menahan partikel mulai dari ukuran 0,0001  $\mu\text{m}$ . Oleh karena partikel yang dipisahkan ukurannya kecil, maka tekanan yang diperlukan harus cukup besar agar dapat melewati sejumlah partikel melewati membran tersebut. Proses ini umumnya digunakan pada desalinasi air laut atau air payau sehingga didapatkan air yang bebas dari garam-garam. Juga banyak digunakan secara luas untuk proses pemisahan dan pemekatan dalam beberapa jenis industri.

Sebelum membran diaplikasikan untuk suatu keperluan, perlu dilakukan karakterisasi terlebih dahulu. Karakterisasi yang dilakukan meliputi pengukuran terhadap fungsi dan efisiensi membran, yaitu permeabilitas dan permselektivitas membran. Permeabilitas dinyatakan sebagai suatu besaran fluks dan dilambangkan dengan  $J$ , yang didefinisikan sebagai jumlah volum permeat yang melewati satu satuan luas membran dalam satuan waktu tertentu dengan adanya daya penggerak berupa tekanan.

$$\text{Fluks, } J = \frac{\text{jumlah volum permeat}}{\text{luas membran} \times \text{waktu} \times \text{tekanan}} \quad (2.1)$$

Permselektivitas dapat digunakan untuk mengetahui daya membran dalam menahan atau melewatkan suatu partikel. Permselektivitas dinyatakan sebagai koefisien rejeksi, dilambangkan dengan  $R$ , yaitu fraksi konsentrasi zat yang tertahan oleh membran.

$$R = \left( 1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:  $R$  = koefisien rejeksi

$C_p$  = konsentrasi partikel dalam permeat

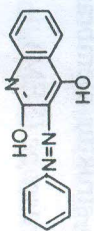
$C_f$  = konsentrasi partikel dalam umpan

Selain daripada itu karakteristik sifat mekanik juga diperlukan untuk mengetahui kekuatan membran, seperti uji

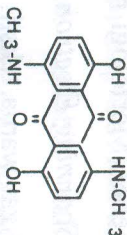
kekuatan tarik dan daya jebol. Morfologi mikro-struktur membran dapat dilihat dengan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Ada beberapa jenis zat warna tekstil yang dikenal, yaitu zat warna *direct*, zat warna dispersi, dan zat warna bejana. Zat warna dispersi mula-mula dibuat oleh Baddiley dan Shepherdson pada tahun 1923, dan dikenal sebagai zat warna dispersol. Zat warna ini mula-mula dipergunakan untuk mencelup serat selulosa asetat. Zat warna dispersol yang pertama-tama adalah suatu senyawa antrakinin, yang dapat mencelup serat dengan bantuan zat pendispersi. Penemuan zat warna pendispersi ini menjadi sangat penting dengan diketemukannya serat sintetik yang sifatnya lebih hidrofob daripada serat selulosa asetat, misalnya poliamida, poliester, dan poliakrilat.

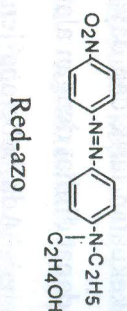
Zat warna dispersi adalah zat warna anionik yang terdiri dari inti kromofor azo dan antrakinin, sedangkan untuk beberapa warna kuning yang penting mengandung gugus difenil-amina (Ismningsih dan Rasyid Djufri, 1979: 155). Karena pencelupan dengan jenis zat warna ini sangat mudah dan ketahanannya juga cukup baik, maka perkembangannya mengalami kemajuan yang sangat pesat. Dalam perdagangan dikenal nama-nama: *Dispersol (ICI)*, *Cellion (IG)*, *Cibacet (CIBA)*, *Setacyl (Geigy)*, *Artisil (Sandoz)*, dan sebagainya.



Dispersol Yellow 3G



Duranol Blue-G



Red-azo

Gambar 1. Beberapa Zat Warna

Industri tekstil banyak terdapat di Indonesia, dan ekspor produk tekstil memberikan sumbangan yang cukup besar bagi pemasukan negara di samping ekspor minyak dan gas bumi. Di pihak lain, pembuangan limbah cair dari industri tekstil banyak disorot sebagai penyebab pencemaran air, khususnya air sungai. Peraturan untuk mengolah limbah cair telah dikeluarkan, tetapi sebagian besar belum melakukannya karena besarnya investasi yang harus dikeluarkan. Teknologi membran memberikan alternatif untuk pengolahan limbah dengan cara yang sederhana karena tidak memerlukan bahan-bahan kimia dalam prosesnya.

Penelitian Zandy (1997: 46) menghasilkan membran selulosa asetat tanpa lapisan pendukung poliester ternyata memiliki kekuatan tarik dan daya jebol yang lebih rendah daripada membran selulosa asetat berpendukung. Di samping itu membran selulosa asetat dengan lapisan pendukung juga memiliki permeabilitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan membran selulosa asetat yang tidak berpendukung.

Pratomo (2001) telah berhasil membuat membran komposit berpendukung yang mempunyai kinerja cukup baik untuk proses ultrafiltrasi. Membran yang berhasil dibuat tersebut memiliki tiga lapisan, yaitu poliester sebagai lapisan pendukung, polisulfon sebagai lapisan berpori, dan selulosa asetat sebagai lapisan aktif. Pemilihan polisulfon, di samping karena polimer jenis ini mempunyai kualitas mekanis dan kestabilan kimia yang cukup baik, juga memiliki pori yang relatif besar sehingga fluks airnya juga besar. Sementara itu, dipilihnya selulosa asetat sebagai komponen pelapis karena membran ini menunjukkan kinerja yang baik untuk proses pemisahan ion-ion secara osmosis balik. Sebagai lapisan pendukung dipakai poliester, sebab dapat menambah kekuatan membran terhadap pengaruh mekanis, misalnya tekanan. Pada penelitian ini membran yang berhasil dibuat tersebut, akan diaplikasikan untuk proses pemisahan zat warna tekstil. Sebagai langkah awal dipakai sampel simulasi dari jenis zat warna dispersi yang komposisinya dibuat mirip dengan limbah zat warna dari industri tekstil.

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan utama dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai: "Bagaimanakah kinerja membran komposit polisulfon - selulosa asetat berpendukung untuk proses pemisahan zat warna tekstil?" Dengan demikian penelitian ini terutama bertujuan untuk mengetahui kinerja membran

komposit polisulfon-selulosa asetat berpendukung untuk pemisahan zat warna tekstil.

## METODE PENELITIAN

Tahapan kerja yang dilakukan meliputi: pembuatan larutan zat warna tekstil, karakterisasi membran, serta aplikasi membran.

### 1. Pembuatan larutan zat warna tekstil

Dibuat larutan zat warna sebanyak 1 L, dengan mencampurkan: 0,05 g zat warna, 1 mL teepol, 0,05 g setamol, dan 0,05 mL asam asetat glasial dalam labu takar 1 L dan ditambahkan akuades sampai tanda.

### 2. Karakterisasi Membran

- a. Dilakukan uji fluks air dengan sel ultrafiltrasi pada tekanan 2 kg/cm<sup>2</sup>
  - b. Dilakukan uji fluks larutan 0,1% dekstran T-500 dengan sel ultrafiltrasi pada tekanan 2 kg/cm<sup>2</sup>, dilanjutkan pengukuran koefisien rejeksi dekstran.
3. Pemakaian Membran untuk Pemisahan Zat Warna Tekstil.
- a. Membran yang memiliki fluks serta rejeksi sama atau hampir sama dipilih untuk digunakan dalam pemisahan zat warna tekstil.

- b. Pemisahan zat warna tekstil dilakukan secara ultrafiltrasi dengan cara yang sama seperti pada penentuan fluks serta koefisien rejeksi larutan dekstran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi untuk setiap jenis membran, yaitu K-17 = komposisi selulosa asetat 17%, K-19 = komposisi selulosa asetat 19%, dan K-21 = komposisi selulosa asetat 21%, meliputi pengukuran permeabilitas membran terhadap air, dan larutan dekstran. Di samping itu perlu dilakukan pengukuran pemselektivitas terhadap larutan dekstran. Pengukuran dilakukan secara ultrafiltrasi, menggunakan sel ultrafiltrasi pada tekanan 2 kg/cm<sup>2</sup> yang kira-kira sama dengan 2 bar.

Tabel 1. Fluks Air dan Dekstran T-500 Membran Komposit Berpendukung

Jenis Membran	Fluks air (L.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> .bar <sup>-1</sup> )	Fluks dekstran T-500 (L.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> .bar <sup>-1</sup> )
K-17	72,49 ± 9,95	57,80 ± 0,41
K-19	24,24 ± 0,83	19,47 ± 1,30
K-21	14,69 ± 1,73	12,91 ± 1,89

Permelektivitas dinyatakan sebagai koefisien rejeksi, dilambangkan dengan *R*, yaitu fraksi konsentrasi zat yang tertahan oleh membran. Besarnya *R* dihitung dengan menggunakan Rumus (2.2). Pengukuran koefisien rejeksi dekstran T-500 dilakukan

secara spektrofotometri, yaitu dengan mengukur absorbansi larutan permeat maupun konsentrasinya, kemudian dibandingkan dengan absorbansi larutan dekstran standar pada panjang gelombang 490 nm. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Rejeksi Dekstran Membran Komposit Berpendukung

Jenis membran	Koefisien Rejeksi Dekstran T-500 (%)
K-17	86,15 ± 3,04
K-19	96,09 ± 1,10
K-21	98,97 ± 0,16

Untuk mengaplikasikan membran dalam proses pemisahan zat warna tekstil, mula-mula dilakukan pengukuran fluks zat warna. Hasil pengukuran fluks zat warna dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjutnya dilakukan pengukuran koefisien rejeksi zat warna, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Fluks Zat Warna Membran Komposit Berpendukung

Jenis Membran	Fluks zat warna (L.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> .bar <sup>-1</sup> )		
	Zat warna merah	Zat warna kuning	Zat warna biru
K-17	32,25 ± 2,00	30,25 ± 3,15	32,00 ± 1,75
K-19	24,11 ± 2,40	26,21 ± 1,80	25,20 ± 2,00
K-21	13,85 ± 2,60	13,75 ± 2,50	14,00 ± 2,80

Tabel 4. Koefisien Rejeksi Zat Warna Membran Komposit Berpendukung

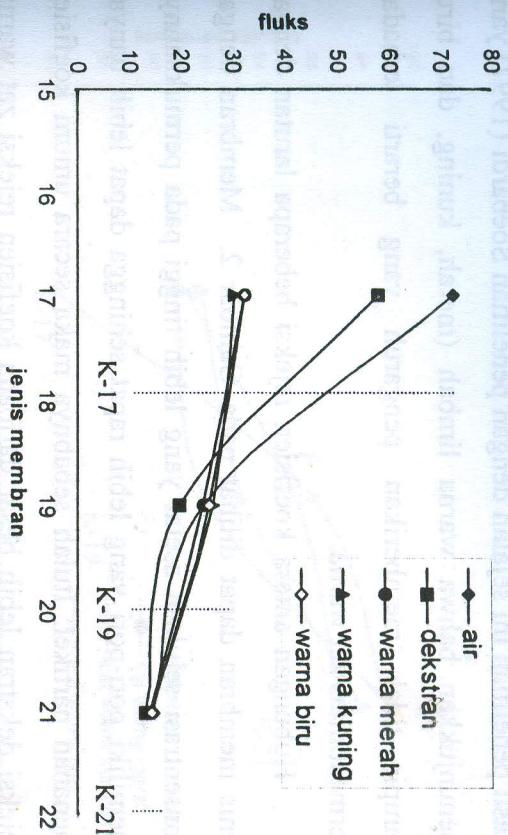
Jenis membran	Koefisien rejeksi zat warna (%)		
	Zat warna merah	Zat warna kuning	Zat warna biru
K-17	90,82 ± 0,83	91,80 ± 1,00	91,20 ± 0,90
K-19	91,96 ± 0,90	93,40 ± 0,80	95,40 ± 2,30
K-21	99,12 ± 0,21	97,95 ± 0,76	97,20 ± 0,50

Pada Tabel 1. ternyata bahwa konsentrasi selulosa asetat yang lebih tinggi menyebabkan penurunan harga fluks. Menurut Mulder (1996: 17) membran ultrafiltrasi mempunyai rentangan tekanan operasional pada 1,0-5,0 bar, dengan fluks air yang besarnya antara 10 - 50 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>.bar<sup>-1</sup>. Hasil yang tercantum pada Tabel 1, menunjukkan bahwa membran ini memenuhi syarat untuk proses ultrafiltrasi, kecuali jenis membran K-17. Jenis membran K-17 ini lebih cocok untuk proses mikrofiltrasi, sebab kemungkinan memiliki ukuran pori yang lebih besar jika dibandingkan dengan kedua jenis membran yang lain, yaitu K-19 dan K-21. Dalam Tabel 3., tampak bahwa fluks zat warna menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi selulosa asetat pada lapisan aktif membran. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi selulosa asetat pada lapisan permukaan makin tinggi berarti pori-porinya makin rapat, sehingga menurunkan kecepatan difusi.

Dari Tabel 2. di atas, secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi selulosa asetat, membran akan memberikan koefisien rejeksi yang juga makin tinggi. Hal ini

disebabkan karena makin tinggi konsentrasi selulosa asetat menyebabkan pori-porinya makin rapat, sehingga makin banyak molekul dekstran yang tertahan, akibatnya koefisien rejeksinya juga makin tinggi.

Selanjutnya pengukuran koefisien rejeksi (R) zat warna dilakukan secara spektrofotometri, yaitu dengan mengukur absorbansi larutan permeal maupun konsentratnya, kemudian dibandingkan dengan absorbansi larutan zat warna standart. Larutan zat warna merah dilakukan pengukuran pada panjang gelombang 540 nm, larutan zat warna kuning pada panjang gelombang 465 nm, dan larutan zat warna biru pada panjang gelombang 605 nm. Dari Tabel 4, kelihatan bahwa koefisien rejeksi zat warna juga meningkat dengan makin tingginya konsentrasi selulosa asetat pada lapisan permukaan. Hal ini dapat diterangkan, bahwa dengan makin tinggi konsentrasi selulosa asetat—yang juga diikuti dengan semakin kecilnya aditif yang ditambahkan— akan makin merapatkan pori-porinya, sehingga molekul yang melewatinya juga makin sedikit dan makin lambat lajunya.

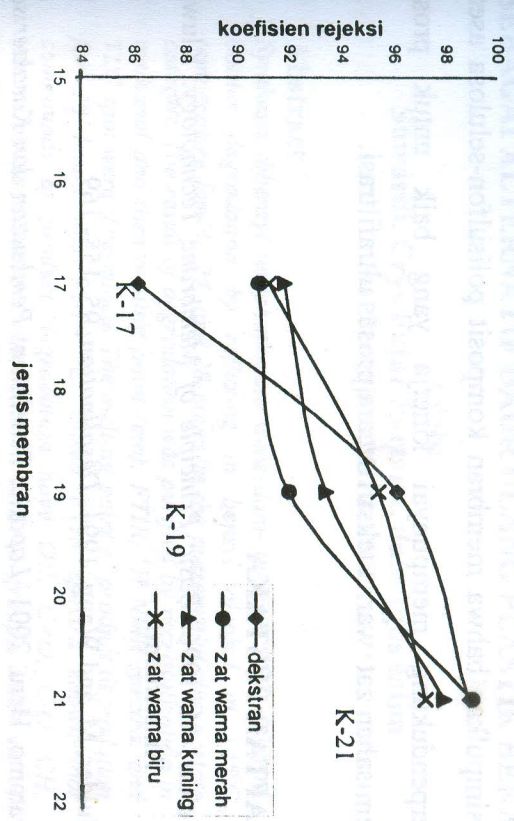


Gambar 1. Harga Fluks Larutan yang melewati Membran

Pada Gambar 1. juga terlihat bahwa fluks air > fluks dekstran > fluks zat warna. Adanya surfaktan akan menurunkan tegangan antar muka cair - padat dan permukaan membran menjadi lebih hidrofili sehingga dapat meningkatkan kecepatan difusi air dari larutan zat warna. Surfaktan selain menurunkan tegangan permukaan, juga akan berinteraksi dengan molekul zat warna membentuk molekul yang lebih besar dan mudah teradsorpsi pada permukaan membran sehingga akan menghambat transport dalam membran yang selanjutnya akan menurunkan nilai fluks. Fenomena adsorpsi ini dapat dibuktikan dengan adanya jejak warna pada permukaan membran setelah dipakai untuk memisahkan zat warna.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Soebardi (1997) yang menunjukkan bahwa warna limbah (merah, kuning, dan biru) hampir tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap permeabilitas zat warna.

Hubungan antara koefisien rejeksi beberapa larutan dengan jenis membran dapat dilihat pada Gambar 2. Membran dengan konsentrasi selulosa asetat yang lebih tinggi pada permukaannya memiliki pori-pori yang lebih rapat sehingga dapat lebih banyak menahan partikel. Itulah sebabnya maka secara umum koefisien rejeksi dekstran lebih besar daripada koefisien rejeksi zat warna, kecuali pada membran K-17. Jadi konsentrasi selulosa mempengaruhi besarnya koefisien rejeksi membran. Artinya dalam batas komposisi yang diamati (17% - 21% CA), semakin tinggi konsentrasi selulosa asetat akan makin besar pula koefisien rejeksinya.



Gambar 2. Hubungan antara Koefisien Rejeksi vs. Jenis Membran

Setelah dipakai untuk memisahkan zat warna, pada permukaan membran terdapat noda zat warna. Hal ini kemungkinan terjadi proses adsorpsi pada permukaan membran terhadap zat warna, walaupun banyaknya zat warna yang teradsorpsi tidaklah begitu besar, sebab noda yang ditimbulkannya juga tidak begitu jelas.



## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa membran komposit polisulfon-selulosa asetat mendukung kinerja yang baik untuk proses pemisahan zat warna tekstil secara proses ultrafiltrasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mulder, M. 1996. *Basic Principle of Membrane Technology*. Kluwer, Amsterdam.
- Mulder, M. and Wang. 1991. *Desalination*, 95, 155-169.
- Pratomo, Heru. 2001. *Laporan Penelitian: Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon-Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi*. FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Riley, R. L., H. K. Lonsdale and C. R. Lyons. 1971. *J. Applied Polymer Science*, 15, 1267-1276.
- Zendy, Corina. 1997. *Pengaruh Lapisan Pendukung Polyester Terhadap Karakteristik Membran Selulosa Asetat*. Skripsi Sarjana. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

## SINTESIS DIBENZIL TEREFALAT MELALUI DEPOLIMERISASI POLI(ETILENA TEREFALATE) SEBAGAI ALTERNATIF DAUR ULANG PLASTIK BEKAS

Oleh:  
Suwardi, Crys Fajar Partana, dan Agus salim  
Stat Pengajar FMIPA UNY

### Abstract

Synthesis dibenzyl terephthalate were done through PET softdrink bottles degradation by refluxing in benzyl alcohol at 145°C temperature for 20, 24, and 28 hours in the presence of zinc acetate catalyst. The result of degradation was purified by recrystallization in methanol and then melting point (mp), FTIR, <sup>1</sup>H NMR spectra, and TLC spot were determined. The melting point of product degradation for 28 hours was 98-99 °C. Based FTIR spectra known that compounds of product degradation have OH, C=O, C-O, CH, monosubstituted benzene, disubstituted benzene groups, while on <sup>1</sup>H NMR spectra showed chemical shift at 8.2 ppm (s, 10 H of monosubstituted benzene), 7.5 ppm (s, 9 H consist of 4 H disubstituted benzene and 5 H of aromatic benzyl alcohol), 5.4 ppm (s, 1 H from OH benzyl alcohol), 4.8 ppm (s, 4 H of methylene), and 2.9 ppm (s, 7 H of other traces). The single spot of TLC plate indicated that product degradation for 28 hours might be a single compound. Based these characterization concluded that compound of product degradation was dibenzyl terephthalate contains benzyl alcohol and other traces.

Keywords: degradation, poly(ethylene terephthalate), dibenzyl terephthalate, softdrink bottles

## PENDAHULUAN

Plastik poli(etilena tereftalate) (PET) telah menjadi kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia. Bahan ini biasanya dimanfaatkan sebagai fiber dan pengemas. Di samping itu juga menjadi bagian pokok pada komponen eksterior dan interior