

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tingkat konsumsi kertas oleh masyarakat semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan konsumsi kertas pada tahun 2003 yang mencapai 5,31 juta ton, untuk tahun 2004 kebutuhan konsumsi kertas menjadi 5,40 juta ton, sedangkan pada tahun 2005 konsumsi kertas meningkat lagi ke 5,61 juta ton dan prediksi pada tahun 2009 konsumsi kertas dapat mencapai 6,45 juta ton (pusgrafin.go.id 2009). Peningkatan tingkat konsumsi ini memberikan konsekuensi tingginya limbah kertas yang dihasilkan.

Di sisi lain, pemanfaatan limbah kertas justru belum banyak dikembangkan. Banyak limbah kertas yang dibiarkan menumpuk dengan upaya pengelolaan yang minimal (Gambar 1). Padahal besarnya jumlah limbah kertas yang ada memberikan peluang terhadap upaya pemanfaatan limbah kertas tersebut. Pemanfaatan limbah kertas saat ini adalah dengan menjadikannya produk kertas daur ulang, bahan kerajinan, dan produk-produk seni. Padahal dengan sedikit teknologi limbah kertas dapat dijadikan sebagai barang yang jauh lebih berharga.



Gambar 1 Tumpukan limbah kertas.

Bahan pembuat kertas adalah komponen kayu. Salah satu jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku penghasil kertas di Indonesia adalah kayu mangium (*Acacia mangium*). Sebagai gambaran, komposisi kimia kayu mangium adalah kadar selulosa 45,72 – 60,29%, hemiselulosa 23,26 – 29,58%, dan lignin 21,98 – 24,54%. Kadar tersebut bervariasi dari berdasarkan jenis tempat tumbuh (Queensland, Papua New Guinea, dan Indonesia timur) seperti yang dilaporkan oleh Syafii dan Siregar (2006).

Selulosa merupakan komponen utama penyusun kertas. Oleh karena itu, melimpahnya jumlah limbah kertas dapat dipandang sebagai limbah selulosa yang dapat dimodifikasi. Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan dalam memanfaatkan limbah selulosa (limbah kertas) adalah dengan melakukan modifikasi kimiawi sehingga selulosa dapat diubah menjadi selulosa asetat.

Selulosa asetat merupakan salah satu komponen pembentuk membran yang banyak dikembangkan. Saat ini banyak penelitian yang telah mengembangkan penggunaan selulosa asetat atau campurannya sebagai bahan biomedis dan biokimiawi untuk menghilangkan racun pada plasma manusia (Liu dan Bai 2006). Selain itu, beberapa penelitian lain melaporkan pengembangan selulosa asetat pada aplikasi farmakologi, perlakuan limbah, kedokteran, bahkan kromatografi (Murphy *et al.* 2001, Tkáč *et al.* 2002, Liu dan Bai 2006, Wang *et al.* 2009).

Jika dipandang sebagai sumber selulosa, limbah kertas memiliki peluang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembentuk selulosa asetat yang kemudian dapat dibentuk menjadi membran yang sangat luas manfaatnya dan bernilai ekonomi tinggi. Modifikasi dan pemanfaatan limbah kertas sebagai sumber bahan baku pembentuk membran diharapkan mampu memberikan alternatif kontribusi ekonomi di tengah krisis ekonomi global yang sedang melanda negara-negara di dunia.

**Perumusan Masalah**

Melimpahnya limbah kertas dan pemanfaatannya yang masih terbatas perlu mendapat perhatian khusus, Oleh karena itu, perlu ada suatu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam memanfaatkan limbah tersebut adalah mengetahui komponen utama penyusun kertas sehingga dapat dilakukan modifikasi agar dapat dihasilkan produk yang bernilai ekonomi tinggi.

Maraknya penggunaan membran mendukung pengembangan modifikasi limbah kertas menjadi bahan pembentuk membran. Namun, dalam pengembangannya terdapat berbagai permasalahan yang akan diungkap dalam karya tulis ini, yaitu (1) bagaimana kondisi dan pemanfaatan limbah kertas di Indonesia, (2) proses modifikasi limbah kertas menjadi bahan baku pembuatan membran, (3) potensi ekonomi pengembangan limbah kertas menjadi membran.

**Tujuan**

Makalah ini hendak (1) menguraikan tingkat konsumsi kertas dan jumlah limbah yang dihasilkan di Indonesia, (2) memaparkan peluang pemanfaatan limbah kertas menjadi bahan baku membran, dan (3) membandingkan keuntungan ekonomi dari beberapa pemanfaatan limbah kertas.

**Manfaat**

Manfaat makalah ini adalah (1) diperolehnya informasi mengenai tingkat konsumsi kertas dan jumlah limbah yang dihasilkan di Indonesia, (2) disosialisasikannya informasi mengenai peluang pemanfaatan limbah kertas menjadi bahan baku membran, dan (3) disosialisasikannya keuntungan ekonomi dari beberapa pemanfaatan limbah kertas.

## TINJAUAN PUSTAKA

### **Potensi Limbah Kertas dan Pemanfaatannya Saat Ini**

Mansur (2008) mengatakan bahwa konsumsi kertas di Indonesia terus meningkat satu kilogram (kg) per kapita atau sekitar 220 ribu ton per tahun. Hal ini berdampak pada tingginya limbah kertas yang dihasilkan. Limbah kertas mengandung komponen kimiawi selulosa, hemiselulosa, dan sebagian kecil masih mengandung lignin (Robert 1996).

Sampai saat ini, pemanfaatan limbah kertas umumnya dilakukan dengan mendaur ulang kertas (Robert 1996). Upaya-upaya lain yang telah ada di Indonesia adalah menjadikannya sebagai bahan kerajinan dan pengganti media tanam, dan produk kerajinan dan barang seni lainnya. Namun, sayangnya upaya tersebut kurang mampu meningkatkan harga jual dari limbah kertas tersebut.

### **Komponen Kimia Penyusun Kertas**

Biomassa lignoselulosa sebagian besar terdiri dari selulosa yang bertautan dengan lignin dan hemiselulosa. Hal inilah yang menyebabkan biomassa tersebut lebih sulit untuk didegradasi (hidrolisis) dibandingkan dengan bahan alam lainnya seperti pati. Hemiselulosa adalah polisakarida alami yang serupa dengan selulosa namun terdiri dari berbagai subunit lain selain subunit glukosa. Pada bahan lignoselulosa, selulosa berperan dalam membentuk struktur utama dinding sel tumbuhan (Bobleter 1994).

Selulosa adalah polimer alam yang terdiri dari subunit-subunit D-glukosa yang ditautkan satu sama lain dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosida (Hendricks dan Zeeman 2009). Struktur kimia polimer paling melimpah di alam. Selulosa dalam tumbuhan terdiri dari bagian yang memiliki struktur kristalin yang teratur, dan bagian dengan struktur amorf yang tidak terlalu teratur dengan baik. Galur-galur selulosa tergabung bersama dan membentuk fibril-fibril selulosa atau bundel selulosa.

Fibril-fibril selulosa ini sebagian besar bebas dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan hidrogen.

Lignin merupakan polimer alami yang paling melimpah di alam setelah selulosa dan hemiselulosa. Lignin adalah heteropolimer amorf yang terdiri dari tiga jenis unit fenilpropana yang berbeda (*p*-kumaril, koniferil, dan sinapil alkohol) yang disatukan oleh ikatan yang berbeda-beda. Fungsi utama lignin adalah memberikan sokongan struktural, impermeabilitas, dan ketahanan terhadap serangan mikrobial dan oksidator. Heteropolimer amorf ini juga tidak larut dalam air dan tidak optis-aktif; semua sifatnya ini membuat lignin sulit terdegradasi. Lignin, seperti hemiselulosa, biasanya mulai terlarut dalam air pada sekitar 180 °C pada kondisi netral. Kelarutan lignin dalam kondisi asam, netral atau basa bergantung pada jenis prekursornya (*p*-kumaril, koniferil, sinapil alkohol atau kombinasinya).

Hidrolisis lignoselulosa dapat dilakukan dengan bahan kimia atau secara enzimatik. Hidrolisis selulosa konvensional menggunakan asam encer telah menjadi konsep yang tidak populer bahkan mulai ditinggalkan (Bobleter 1994). Teknik ini diketahui memiliki masalah teknis yang inheren yaitu dekomposisi gula pada kondisi suhu tinggi dan pH rendah yang dibutuhkan untuk mempromosikan hidrolisis selulosa (Bobleter 1994).

### **Selulosa dan Selulosa Asetat**

Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun sub-unit dari  $\beta$ -D-glukopiranosil. Selulosa juga merupakan komponen utama yang dihasilkan dari biomassa hasil hutan, dan merupakan sumber biopolimer yang menjanjikan di dunia. Serat selulosa memiliki derajat kristanilitas yang tinggi, bahkan mencapai 70% ketika diisolasi dan dimurnikan (Keenan *et al.* 2005). Selulosa bersifat sulit larut pada berbagai pelarut organik yang umum, tidak mengalami pemrosesan leleh karena selulosa akan terdekomposisi sebelum pelepasan terjadi (Edgar *et al.* 2001).

Menurut Edgar *et al.* (2001) selulosa asetat umumnya digunakan untuk beberapa jenis film dan bahan pelapis. Saat ini banyak bahan polimer atau membran yang terbuat dari turunan selulosa. Salah satunya adalah selulosa asetat. Selulosa asetat merupakan golongan ester selulosa yang dimodifikasi untuk memperbaiki sifat fisik maupun kimiawi untuk keperluan tertentu. Kadar asetil untuk selulosa yang saat ini dijual umumnya memiliki derajat asetilasi antara 1.7 hingga 3.0. umumnya digunakan sebagai bahan baku polimer termoplastik (Keenan *et al.* 2005).

Keberhasilan proses modifikasi selulosa menjadi selulosa asetat dapat dicirikan dengan menggunakan spektrofotometer *fourier transform infrared* (FTIR). Melalui pencirian dengan FTIR dapat diketahui serapan-serapan gugus penciri. Pencirian juga dapat dilakukan dengan mengamati perubahan tingkat kekristalan dari selulosa asetat. Tingkat kekristalan suatu membran dapat diukur dengan menggunakan alat kalorimetri pemayaran diferensial (DSC) (Filho *et al.* 2000).

Yang (1999) melaporkan bahwa serapan-serapan FTIR yang khas untuk selulosa asetat adalah serapan pada bilangan gelombang  $3.400\text{ cm}^{-1}$  untuk regang OH,  $2.950\text{ cm}^{-1}$  untuk regang  $\text{CH}_3$  asimetrik,  $2.860\text{ cm}^{-1}$  untuk regang  $\text{CH}_3$  simetrik,  $1.750\text{ cm}^{-1}$  untuk regang C=O, dan regang C-C-O asetat menimbulkan serapan pada  $1.235\text{ cm}^{-1}$ . Serapan kuat muncul pada bilangan gelombang  $1746\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya serapan gugus karbonil pada asetil, dan turunnya serapan pada bilangan gelombang  $3460\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan berkurangnya gugus hidroksil (OH) pada selulosa (Filho *et al.* 2008).

Filho *et al.* (2008) melaporkan bahwa ragam waktu dalam proses asetilasi selulosa dapat menghasilkan produk yang berbeda. Reaksi asetilasi selama 24 jam menghasilkan produk utama selulosa triasetat, dan asetilasi selama 48 jam menghasilkan produk utama selulosa diasetat. Selulosa triasetat yang dihasilkan memiliki stabilitas termal yang sangat baik. Dengan demikian ragam waktu

asetilasi merupakan salah satu acuan dalam memproduksi membran yang dikehendaki.

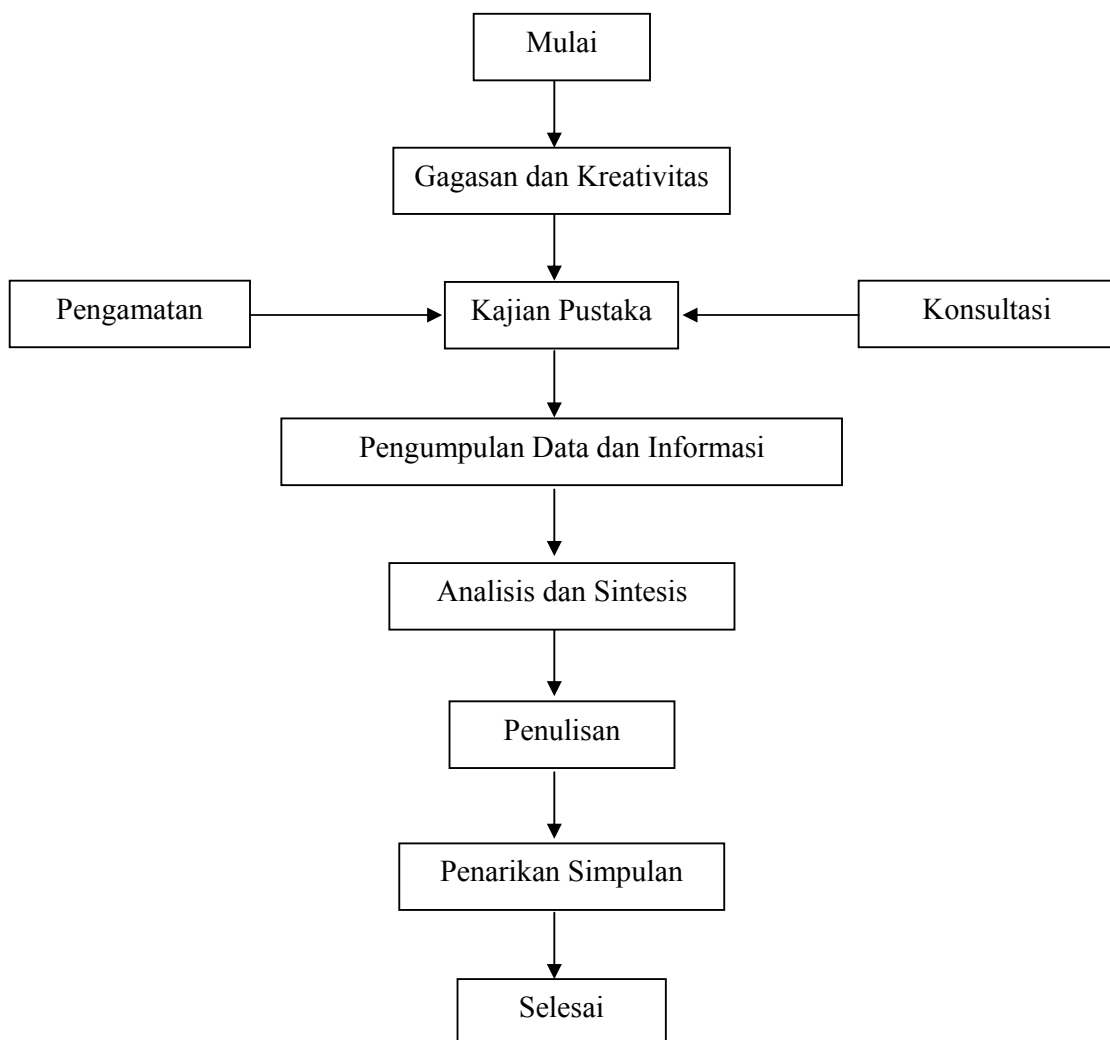
### **Pemanfaatan Selulosa Asetat sebagai Membran**

Selulosa asetat juga dapat dibuat sebagai bahan pencampur dalam membuat suatu membran. Seperti yang dilaporkan oleh Tkáč *et al.* (2002) yang membuat biosensor fruktosa berbasis selulosa asetat. Penelitian terbaru yang dilakukan oleh Wang *et al.* (2009) yang membuat membran selulosa asetat dengan pengisi oksida logam sebagai bahan pemisah pervaporasi dari campuran metanol/metil *tert*-butil eter.

Liu dan Bai (2006) melaporkan keberhasilannya mensintesis membran yang terbuat dari campuran kitosan/selulosa asetat sebagai membran absorptif. Selulosa asetat dihasilkan dari selulosa melalui tahapan aktivasi dengan asam asetat glasial dan tahap asetilasi dengan anhidrida asetat (Filho *et al.* 2005).

## METODE PENULISAN

Penyusunan karya tulis ini dimulai dengan cara penggalian ide dan pengembangan kreativitas dilanjutkan studi pustaka yang didukung dengan konsultasi ke beberapa dosen kemudian dilakukan pengumpulan data dan informasi. Pembuatan karya tulis ini diarahkan oleh dosen pembimbing. Metode penulisan karya tulis yang lebih terstruktur disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema metode penulisan.



## **PEMBAHASAN**

Limbah kertas merupakan sumber selulosa yang sangat melimpah. Hal ini terlihat dari besarnya tingkat konsumsi kertas di Indonesia meningkat 1 kg per kapita per tahun atau mencapai 220 ribu ton per tahun Mansur (2008). Hal ini harus dijadikan sebagai suatu peluang dalam memanfaatkan limbah tersebut dan menjadikannya sesuatu yang lebih bermanfaat dan bernilai ekonomi guna memberikan kontribusi bagi kesejahteraan masyarakat. Ditambah lagi munculnya gelombang krisis ekonomi global yang mengharuskan Indonesia tetap bertahan ditengah krisis yang menyulitkan.

Pemanfaatan limbah kertas saat ini terbatas untuk menghasilkan produk-produk kertas daur ulang, pengganti media tanam, dan barang-barang kerajinan. Padahal jika dilihat dari komponen penyusunnya, kertas merupakan limbah yang sangat berharga karena terdiri dari sebagian besar selulosa. Selulosa merupakan suatu polimer yang dapat dimodifikasi dari segi strukturnya sehingga dapat menghasilkan produk polimer yang dikehendaki.

### **Kondisi dan Pemanfaatan Limbah Kertas**

Tingkat konsumsi kertas di Indonesia bahkan di dunia terus mengalami peningkatan. Hal ini tentunya juga berdampak pada tingginya limbah kertas yang dihasilkan. Tabel 1 menunjukkan tingkat konsumsi per kapita untuk beberapa bagian negara di dunia. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa terdapat peluang yang cukup besar dalam hal pemanfaatan limbah kertas. Limbah kertas selama ini belum banyak dimanfaatkan dan didayagunakan menjadi sesuatu yang bernilai ekonomi tinggi.

Tabel 1 Tingkat konsumsi kertas beberapa bagian negara di dunia

Wilayah	Konsumsi kertas dan karton per kapita per tahun/Kg
USA dan Kanada	294
Jepang	248
Negara-negara Nordik	213
EEC	156
Australasia	126
Afrika Selatan	43
Eropa Timur	29
Amerika Selatan	28
Asia	21
Afrika (kecuali Afrika Selatan)	3

Sumber : Robert (1996)

Berdasarkan laporan ketua Ketua Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI) Mansur (2008) tingkat konsumsi kertas di Indonesia meningkat 1 kg per kapita per tahun. Hal ini dapat memberikan sedikit gambaran terhadap peningkatan konsumsi kertas di bagian negara lain di dunia. Pemanfaatan limbah kertas yang masih terbatas, memberikan peluang bahwa proses modifikasi limbah kertas memiliki peranan penting untuk dikembangkan. Tuntutan krisis ekonomi global turut pula mendukung pengembangan industri kreatif dalam mengembangkan sumber daya yang ada. Pengembangan modifikasi limbah kertas menjadi bahan baku membran diharapkan mampu memberikan kontribusi ekonomi yang lebih baik jika dibandingkan dengan pemanfaatan yang selama ini kembangkan.

### **Modifikasi Limbah Kertas Menjadi Bahan Baku Pembuatan Membran**

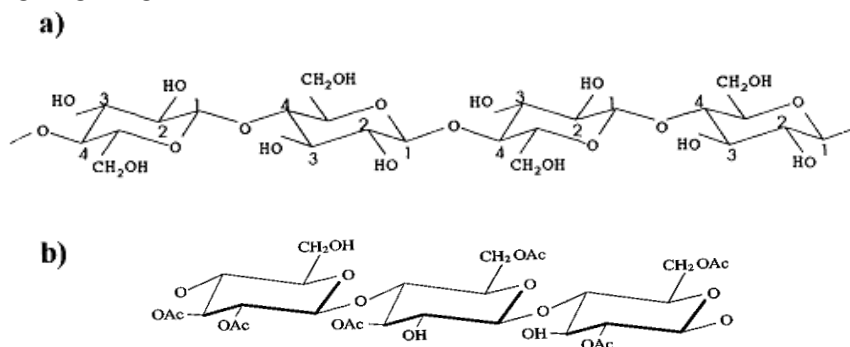
Limbah kertas perlu dimodifikasi agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku membran. Kertas mengandung lignoselulosa yang terdiri atas komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Bobleter 1994, Hendricks dan Zeeman 2009). Selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen utama, sedangkan lignin terdapat dalam jumlah kecil. Pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan baku membran dapat dilakukan dengan proses modifikasi. Proses modifikasi tersebut terdiri dari beberapa tahap, yaitu

### Tahap Delignifikasi

Komponen lignin dalam kertas merupakan heteropolimer amorf yang terdiri dari tiga jenis unit fenilpropana yang berbeda (*p*-kumaril, koniferil, dan sinapil alkohol) yang disatukan oleh ikatan yang berbeda-beda (Bobleter 1994). Oleh karena itu, tahap delignifikasi pada proses modifikasi limbah kertas dilakukan untuk menghilangkan lignin yang melindungi selulosa yang terdapat dalam dinding sel tumbuhan pada limbah kertas.

Metode delignifikasi yang dapat dikembangkan adalah metode yang dilakukan oleh Filho *et al.* (2000). Pada proses ini sejumlah kertas dicampurkan dengan air dengan nisbah 1:20. Setelah 24 jam, campuran disaring dan ditambahkan 0.25 mol L<sup>-1</sup> larutan NaOH. Setelah 18 jam, campuran disaring dan direfluks dengan menggunakan campuran asam nitrat dan etanol 20% (v/v) pada perbandingan volume dan jumlah kertas yang sama. Setelah proses refluks campuran disaring dan dicuci dengan air destilata hingga filtrat tidak berwarna. Kertas hasil delignifikasi dikeringkan pada suhu 105°C selama 180 menit.

Delignifikasi berfungsi untuk mereduksi jumlah komponen selain selulosa. Hal ini disebabkan komponen selulosa yang akan dimodifikasi lebih lanjut menjadi selulosa asetat sebagai bahan baku pembentuk membran. Struktur selulosa dan selulosa asetat ditunjukkan pada Gambar 3. Tahap ini menghasilkan komponen utama selulosa, sehingga proses modifikasi selanjutnya yaitu tahap asetilasi dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 3 Struktur (a) selulosa dan (b) selulosa asetat.

### **Tahap Asetilasi**

Selulosa asetat dapat disintesis dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Filho *et al.* (2005). Kertas hasil delignifikasi diasetilasi selama 24 jam, karena berdasarkan laporan Filho *et al.* (2008) proses asetilasi dalam rentang waktu ini menghasilkan produk selulosa triasetat dengan kestabilan termal yang paling baik. Proses asetilasi diawali dengan tahap aktivasi, yaitu dengan menambahkan asam asetat glasial ke dalam contoh dengan nisbah 1:20 (g:mL) kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu ruang. Kemudian, campuran asam sulfat dan asam asetat dengan nisbah 1:8 ditambahkan ke dalam sistem dan dilanjutkan pengadukan selama 15 menit.

Proses asetilasi dilakukan setelah tahap aktivasi dengan menyaring campuran dan menambahkan asam asetat anhidrat kemudian diaduk selama 30 menit. Air destilata ditambahkan ke dalam sistem jika tidak terbentuk endapan kembali. Selulosa asetat yang dihasilkan disaring dengan menggunakan penyaring vakum, dicuci dengan air destilata hingga netral kemudian dikeringkan pada suhu 105°C selama 90 menit.

Asetilasi pada selulosa merupakan reaksi substitusi gugus hidroksil dengan gugus asetil. Asetilasi dapat dilakukan dengan amida, ester, anhidrida karboksilat, dan halida asam. Namun, amida dan ester bereaksi sangat lambat sedangkan halida asam mempunyai reaktivitas yang sangat tinggi. Oleh karena itu, umumnya dipilih adalah anhidrida asetat karena menghasilkan rendemen yang baik (Rofiah 2008). Proses modifikasi selulosa menjadi selulosa asetat dilakukan karena sifatnya yang tidak mudah larut (Edgar *et al.* 2001).

Perubahan utama yang diharapkan dengan penambahan gugus asetil pada selulosa adalah sifat kelarutannya serta sifat fisik dari selulosa asetat hasil modifikasi. Selulosa asetat dapat larut pada berbagai pelarut bergantung kadar asetilnya. Kelarutan selulosa asetat memungkinkannya untuk dibentuk atau dicetak menjadi film atau membran. Perubahan ciri lain yang dikehendaki adalah membuka

peluang pemanfaatan yang lebih luas dibandingkan dengan material induknya yaitu selulosa.

Keberhasilan proses asetilasi dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satu teknik yang umum dipakai adalah dengan mengidentifikasi perubahan gugus fungsi setelah penambahan gugus asetil. Hal ini dilakukan dengan alat FTIR yang mampu mengidentifikasi serapan-serapan khas untuk masing-masing gugus fungsi yang terkandung dalam contoh. Pada selulosa asetat keberhasilan asetilasi dapat diidentifikasi dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang  $3.400\text{ cm}^{-1}$  untuk regang OH,  $2.950\text{ cm}^{-1}$  untuk regang  $\text{CH}_3$  asimetrik,  $2.860\text{ cm}^{-1}$  untuk regang  $\text{CH}_3$  simetrik,  $1.750\text{ cm}^{-1}$  untuk regang C=O, dan regang C-C-O asetat menimbulkan serapan pada  $1.235\text{ cm}^{-1}$  (Yang 1999).

### **Potensi Ekonomi Pengembangan Limbah Kertas Menjadi Membran**

Pemanfaatan membran berbasis selulosa asetat telah banyak dikembangkan. Beberapa produk membran yang telah dikembangkan dari selulosa asetat adalah sebagai membran osmosis balik, membran absorptif, bahkan komponen biosensor (Murphy *et al.* 2001, Tkáč *et al.* 2002, Liu dan Bai 2006). Produk-produk tersebut memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dibandingkan dengan produk pengolahan limbah kertas lainnya.

Salah satu pemanfaatan turunan selulosa adalah sebagai bahan pembentuk membran osmosis balik. Sebagai perbandingan dari segi nilai ekonomi, berdasarkan sumber dari CV ZAMZAM (tokobagus.com) saat ini harga membran osmosis balik di pasaran berkisar antara Rp275.000 (untuk 10 galon/24 jam) dan Rp3.850.000 (untuk 400 galon/24 jam). Dengan demikian, untuk ukuran yang kecil membran osmosis balik memiliki harga jual yang cukup tinggi.

Peningkatan nilai ekonomi tersebut memberikan alasan bahwa pengembangan modifikasi limbah kertas menjadi bahan baku membran perlu mendapat perhatian, baik pemerintah maupun industri. Di tengah krisis ekonomi global seperti saat ini,

industri kreatif dituntut untuk tumbuh guna menghadang gelombang krisis ekonomi yang sedang melanda dunia.

Pemanfaatan sumber daya yang belum banyak dimanfaatkan dan kurang memiliki nilai jual, menjadi sesuatu yang lebih berharga dan bahkan memiliki harga jual yang tinggi diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pergerakan perekonomian di masyarakat, sehingga dapat menyumbang dalam menciptakan kesejahteraan bagi masyarakat.

Ditengah gelombang krisis ekonomi yang melanda dunia termasuk Indonesia. Banyak upaya yang perlu dilakukan agar Indonesia dapat bertahan menghadapi permasalahan tersebut. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya krisis tersebut, sehingga banyak pula faktor yang perlu diperhatikan untuk mengatasinya. Namun, upaya penyelamatan pergerakan perekonomian domestik, pengembangan serta pemanfaatan sumberdaya yang belum dimanfaatkan secara optimal diharapkan dapat menjadi alternatif cara untuk mengurangi dampak krisis tersebut.

Banyak hal yang harus diperhatikan untuk mempertahankan perekonomian ditengah kondisi krisis seperti ini. Akan tetapi, keberlangsungan pergerakan perekonomian perlu didukung dengan pemikiran dan upaya konkrit dari pemerintah, masyarakat, serta pelaku industri agar terus mengembangkan industri kreatif yang mampu menggerakkan sistem perekonomian yang mandiri. Oleh karena itu, diharapkan pengembangan industri yang dapat memberikan nilai tambah dari suatu sumberdaya yang belum dimanfaatkan dengan teknologi sederhana dan tepat guna mampu memberikan kontribusi kesejahteraan bagi masyarakat.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Pemanfaatan limbah kertas sampai saat ini masih terbatas seperti pembuatan kertas daur ulang, produk kerajinan, dan produk seni. Disisi lain, limbah kertas di Indonesia terus meningkat. Pemanfaatan yang lebih meningkatkan nilai ekonomi limbah kertas belum banyak dilakukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memodifikasi limbah kertas menjadi bahan baku membran. Limbah kertas merupakan sumber selulosa yang dapat dimodifikasi menjadi selulosa asetat.

Selulosa asetat merupakan bahan baku membran yang potensial karena mampu dikembangkan menjadi beberapa jenis membran bergantung kebutuhannya. Salah satu aplikasi dapat dikembangkan adalah sebagai bahan baku membran osmosis balik. Membran osmosis balik memiliki nilai jual yang tinggi dengan harga berkisar antara Rp275.000 dan Rp3.850.000, sehingga pengembangan membran selulosa asetat berbasis limbah kertas sangat potensial. Upaya tersebut diharapkan mampu dijadikan sebagai salah satu upaya alternatif dalam mengantisipasi dampak krisis ekonomi global melalui pengembangan industri kreatif yang mampu memberikan stimulus ekonomi.

### **Saran**

Penerapan pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan baku membran perlu mendapat perhatian khusus untuk dikembangkan di Indonesia. Sebaiknya ada kajian pengembangan, strategi pengelolaan, dan kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat sehingga pada pelaksanaannya pemanfaatan limbah kertas dapat berkembang dengan baik dan memberikan kontribusi kesejahteraan bagi seluruh elemen masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. 2009. Filter Air Minum Reverse Osmosis. [terhubung berkala] [www.tokobagus.com](http://www.tokobagus.com) [1 Maret 2009]
- Bobleter O. 1994. Hydrothermal degradation of polymers derived from plants. *Prog. Polym. Sci.* 19:797-841.
- Edgar KJ *et al.* 2001. Advance in cellulose ester performance and application. *Prog. Polym. Sci.* 26:1605-1688.
- Filho GR *et al.* 2000. Water flux through cellulose triacetate films produced from heterogeneous acetylation of sugar cane bagasse. *J. Memb. Sci.* 177:225-231.
- Hendricks ATWM & Zeeman G. 2009. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology* 100:10–18.
- Keenan TM, Tanenbaum SW, Nakas JP. 2005. Biodegradable polymers from renewable forest resources. Di dalam: Smith R, editor. *Biodegradable polymers for industrial applications*. Cambridge: Woodhead. hlm 219-250.
- Liu C, Bai R. 2006. Preparing highly porous chitosan/cellulose acetate blend hollow fibers as adsorptive membranes: Effect of polymer concentrations and coagulant compositions. *J. Memb Sci* 279: 336–346.
- Mansur HM. 2008. Asosiasi: Indonesia Perlu Satu Pabrik Kertas Baru Setiap Tahun. [terhubung berkala] <http://www.antara.co.id> [1 Maret 2009].
- Murphy AP, Moody CD, Riley RL, Lin SW, Murugaverl B, Rusin P. 2001. Microbiological damage of cellulose acetate RO membranes. *J. Memb Sci* 193:111-121.
- [Pusgrafin] Pusat Grafika Indonesia. 2009. HTI, Industri Kertas dan Industri Grafik. [terhubung berkala] <http://pusgrafin.go.id> [1 Maret 2009].
- Robert JC. 1996. *The Chemistry of Paper*. Gateshead: RSC Paperbacks.
- Syafii W, Siregar IZ. 2006. Chemical Properties and Fiber Dimension of *Acacia mangium* Willd. From Three Provenances. *J. Tropical Wood Science and Technology* 4:28-32.
- Tkáč J, Voštiar I, Gemeiner P, Šturdík E. 2002. Stabilization of ferrocene leakage by physical retention in a cellulose acetate membrane. The fructose biosensor. *Bioelectrochemistry* 55: 149-151.



- Wang Y, Yang L, Luo G, Dai Y. 2009. Preparation of cellulose acetate membrane filled with metal oxide particles for the pervaporation separation of methanol/methyl tert-butyl ether mixtures. *Chemical Engineering Journal* 146:6-10.
- Yang Y. 1999. Cellulose Acetate. Di dalam Mark JE, editor. *Polymer Data Handbook*. New York: Oxford Univ Pr.

## Lampiran 1

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS I**

- Nama Lengkap : Muhammad Syaeful Fahmi  
 Tempat, Tanggal lahir : Bogor, 14 Desember 1987  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Agama : Islam  
 Alamat Asal : Kp. Cinangneng Rt 04/01 No. 28 Ciampea, Bogor  
 16620  
 HP/e-mail : 085697819736/syaeful\_fahmi@yahoo.com
- Riwayat Pendidikan :
- SD Negeri Cihideung udik 01 Bogor tahun 1993-1999
  - SLTP Pembangunan I Bogor tahun 1999-2002
  - SMU Negeri 10 Bogor tahun 2002-2005
  - Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor tahun 2005-sekarang
- Pengalaman Organisasi :
- Ketua OSIS SLTP Pembangunan I Bogor
  - Sekretaris I Kepengurusan OSIS SMA Negeri 10 Bogor
  - Ketua Umum Paskibra Sekolah SMA Negeri 10 Bogor
  - Staf Departemen Sosial dan Kesejahteraan Mahasiswa BEM TPB IPB 2006
  - Koordinator Mata Kuliah Kimia Bimbingan Belajar Mahasiswa MSC Darmaga 2008
- Prestasi :
- Juara I Kompetisi Karya Tulis Mahasiswa Bidang Pendidikan Tingkat IPB Tahun 2008
  - Juara III Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan ITS Tingkat Perguruan Tinggi Nasional 2008
  - Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian 2008
  - Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Pengabdian Masyarakat
  - Penerima Pendanaan Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Kewirausahaan
  - Juara II Lomba Penulisan Ilmiah Agroindustri (PIMAGRIN) se-Indonesia Himalogin IPB 2007
  - Juara I Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional BEM FMIPA UNS 2007
  - Juara III Lomba Karya Ilmiah Produktif bidang Kehutanan Himasiltan Fakultas Kehutanan IPB 2006
  - Juara III Lomba Penulisan Esai Departemen Manajemen Sumberdaya Lahan, Faperta IPB 2006
  - Finalis Lomba Karya Tulis Mahasiswa bidang pendidikan tingkat IPB 2007

## Lampiran 2

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS III**

- Nama Lengkap : Rizki Dwi Cahyani  
 Tempat, Tanggal lahir : Jakarta, 2 Oktober 1987  
 Jenis Kelamin : Perempuan  
 Agama : Islam  
 Alamat Asal : Asrama Polri Cipinang Bawah RT 005/ 014 Blok. M  
 No.9 Jakarta 13240  
 Alamat di Bogor : Wisma Bintang Gg. Bara 3 No. 27B RT01/07  
 Kampung Babakan Dramaga, Bogor 16680  
 HP/e-mail : 085693218893/cahyani\_rizki@yahoo.co.id  
 Riwayat Pendidikan :
- SD Negeri 05 Pagi Cipinang tahun 1993-1999
  - SLTP Negeri 92 Jakarta tahun 1999-2002
  - SMF Ditkesad Jakarta tahun 2002-2005
  - Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor tahun 2005-sekarang
- Pengalaman Organisasi :
- Anggota Marching Band SLTP Negeri 92 Jakarta
  - Anggota Rohis SMF Ditkesad Jakarta
  - Divisi Majelis Permusyawaratan Kelas OSIS SMF Ditkesad Jakarta
  - Divisi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Rohis Kimia 42
  - Divisi Informasi dan Komunikasi Ikatan Mahasiswa Kimia IPB
- Prestasi :
- Juara I Kompetisi Karya Tulis Mahasiswa Bidang Pendidikan Tingkat IPB Tahun 2008
  - Juara III Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan ITS Tingkat Perguruan Tinggi Nasional 2008
  - Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian Tahun 2008
  - Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Pengabdian Masyarakat Tahun 2008
  - Juara I Lomba Karya Tulis Ilmiah (LKTI) Nasional BEM FMIPA UNS 2007
  - Juara 2 Lomba basket putri tingkat SLTP Negeri 92 Jakarta 2004
  - Juara 2 Lomba MTQ Berjamaah Tingkat SD Negeri 05 Pagi Cipinang 1995

## Lampiran 3

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS III**

- Nama Lengkap : Chandra Nur Kalam  
 Tempat, Tanggal lahir : Jakarta, 1 Juni 1988  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Agama : Islam  
 Alamat Asal : Kp. Jawa Rawasari RT 013/08 No. 11  
 Kelurahan Rawasari-Jakarta Pusat  
 Alamat di Bogor : Balio No. 28  
 HP/e-mail : 085692696021/cnkcrzboy@yahoo.co.id  
 Pendidikan :
- SD Negeri Rawasari 05 Pagi Jakarta tahun 1994-2000
  - SLTP Negeri 118 Jakarta tahun 2000-2003
  - SMA Negeri 27 Jakarta tahun 2003-2006
  - Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor tahun 2005-sekarang
- Pengalaman Organisasi :
- Anggota Ekskul Badminton SMAN 27
- Prestasi :
- Juara I Lomba Cerdas Cermat SD bidang PPKN/IPS Tingkat Kecamatan
  - Penerima Dana Hibah Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Kewirausahaan Tahun 2008