

# Pemanfaatan Limbah Kertas Sebagai Bahan Baku Pembuatan Selulosa Asetat

Rahmatullah\*, Rizka W. Putri, Adhe M. Rainadi, Ayu Permatasari, Muhammad  
Y. Pratama

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Inderalaya–Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662, Indonesia  
\*Email: rahmatullah@ft.unsri.ac.id

## Abstrak

Selulosa asetat dapat dibuat dengan memanfaatkan bahan baku yang memiliki kandungan selulosa, salah satunya ialah limbah kertas bekas. Kertas bekas merupakan salah satu limbah biomassa dengan kandungan selulosa tinggi. Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan asetilasi dengan tahapan yang dilakukan antara lain preparasi bahan baku, delignifikasi, dan sintesis selulosa asetat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh reaksi terhadap jumlah rendemen, kadar asetil, dan derajat substitusi dari selulosa asetat serta diharapkan menghasilkan selulosa asetat dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Sintesis selulosa asetat dilakukan dengan menambahkan asam asetat glasial dan asam sulfat ke dalam kertas hasil delignifikasi, kemudian ditambahkan campuran asetat anhidrat dan asam asetat glasial sehingga menghasilkan *primary Cellulose Acetate* (CA). Asam asetat dan asam sulfat ditambahkan pada *Primary CA* pada temperatur 80°C dengan varian waktu reaksi selama 1, 2, dan 3 jam. Produk kemudian disaring dan dicuci hingga netral menggunakan aquades. Selulosa asetat yang dihasilkan kemudian dianalisis uji berat, kadar asetil, dan derajat substitusi. Dari hasil penelitian diperoleh rendemen selulosa asetat terbanyak didapatkan pada waktu reaksi 3 jam, yaitu sebesar 6,8211 gram. Kadar asetil dan derajat substitusi tertinggi didapatkan pada waktu reaksi 1 jam, yaitu 39,901% dan 2,463%. Selulosa asetat yang dihasilkan dari penelitian ini merupakan suatu zat padat seperti tepung berwarna putih

**Kata kunci:** Asetilasi, Kadar Asetil, Limbah Kertas, Selulosa Asetat.

## Abstract

*Cellulose acetate can be made by utilizing raw materials that contain cellulose, one of which is waste paper. Waste paper is one of the biomass wastes with high cellulose content. The method used in this research is acetylation with the steps being carried out including the preparation of raw materials, delignification, and synthesis of cellulose acetate. The purpose of this research was to determine the effect of the reaction on the yield, acetyl content, and degree of substitution of cellulose acetate and it is expected that cellulose acetate can be used as raw material for making bioplastics. The synthesis of cellulose acetate was carried out by adding glacial acetic acid and sulfuric acid to the previously delignified paper, then adding a mixture of acetic anhydrous and glacial acetic acid to produce primary Cellulose Acetate (CA). Acetic acid and sulfuric acid added to Primary CA at a temperature of 80°C with variation of reaction time of 1, 2, and 3 hours. The product filtered and washed until it is neutral using distilled water. The cellulose acetate analyzed by weight test, acetyl content, and degree of substitution. The results showed that the highest yield of cellulose acetate was obtained at a reaction time of 3 hours, amounting to 6.8211 grams. The highest acetyl content and degree of substitution were obtained at the reaction time of 1 hour, namely 39.901% and 2.463%. The cellulose acetate produced from this research is a solid substance such as a white flour*

**Keywords:** Acetylation, Acetyl Content, Paper Waste, Cellulose Acetate.

## 1. PENDAHULUAN

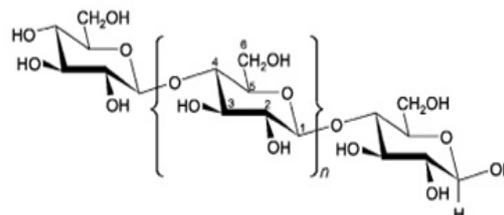
Kondisi pengelolaan sampah di Indonesia masih kurang baik dalam penanganannya. Hal ini terlihat dari persentase sampah yang tidak terkelola di kota-kota berpenduduk padat seperti Jakarta, Medan, Semarang, dan Surabaya yang terbilang cukup tinggi yaitu, masing-masing sebesar 26%; 18,6%; 21,7%; dan 37% (Kemenko Kemaritiman, 2018). Sampah yang tidak terkelola tersebut disebabkan oleh masih rendahnya kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah yang baik dan benar. Sebesar 66,8% rumah tangga masih melakukan pembakaran dalam mengolah sampah yang ada dan hanya sebesar 1,2% diantaranya yang melakukan daur ulang sampah dan belum lagi termasuk oknum-oknum yang membuang sampah sembarangan di lingkungan (Badan Pusat Statistik, 2018).

Pada tahun 2016 timbunan sampah di Indonesia mencapai 65,2 juta ton per tahun. Dari total keseluruhan sampah padat di Indonesia, persentase limbah kertas yang terkandung adalah sebesar 8,75% (Badan Pusat Statistik, 2018). Sangat disayangkan jika jumlah limbah kertas yang banyak tersebut tidak dimanfaatkan dengan baik, padahal masih banyak potensinya untuk dimanfaatkan kembali.

Beberapa penelitian terdahulu telah memanfaatkan limbah kertas sebagai bahan baku pembuatan kertas daur ulang, kerajinan tangan dan juga pupuk kompos (Arfah, 2017; Fatoni, dkk., 2017; dan Noor, dkk., 2005). Selain itu, limbah kertas pada dasarnya memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber selulosa. Limbah kertas, khususnya kertas hvs bekas memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu, sebesar 64,84% (Sholikhah dkk., 2018). Kandungan selulosa inilah yang dapat dimanfaatkan dalam penelitian ini sebagai bahan baku pembuatan selulosa asetat. Selulosa asetat yang dihasilkan ini dapat diolah menjadi benang untuk bahan baku industri tekstil, sebagai filter rokok, bioplastik dan dapat juga diolah membran semipermeabel. Perkembangan terakhir selulosa asetat juga dapat diolah menjadi substrat untuk *ion exchange* dan untuk imobilisasi katalis (Lewin, 2007).

Selulosa asetat merupakan selulosa yang mengalami reaksi asetilasi parsial. Selulosa asetat memiliki rumus molekul  $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_x]_n$  seperti disajikan pada Gambar 1, berwujud padat dengan bentuk serbuk berwarna putih. Serat ini banyak digunakan di bidang tekstil karena harganya yang ekonomis, warna terang, dan variasi sifat yang beraneka ragam. Selulosa asetat bersifat hidrofobik,

mudah dibentuk, *quick drying*, tidak mudah berkerut, dan stabilitas tinggi. Selulosa asetat memiliki beberapa keunggulan antara lain karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga banyak digunakan sebagai serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, lak, pelapis kertas, dan membran, serta kemudahan dalam pemrosesan lebih lanjut. Selulosa asetat memiliki daya tarik yang cukup tinggi karena sifatnya yang *biodegradable* sehingga ramah lingkungan (Gaol, dkk., 2013).



**Gambar 1.** Struktur Selulosa Asetat (Kirk, dkk., 1997)

Derajat substitusi pada selulosa asetat menunjukkan jumlah gugus hidroksil yang tersubstitusi sehingga terbentuk selulosa asetat. Derajat substitusi selulosa asetat adalah 0-3,5 dan meningkatnya derajat substitusi akan meningkatkan titik leleh dari selulosa asetat. Titik leleh dari selulosa asetat adalah 170-240°C. Berdasarkan derajat substitusinya, selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga yaitu: selulosa monoasetat dengan derajat substitusi (DS)  $0 < DS < 2$  larut dalam aseton, selulosa diasetat dengan derajat substitusi (DS) 2,0-2,8 dengan kandungan asetil sebesar 35-43,5%, dan selulosa triasetat dengan derajat substitusi (DS) 2,8-3,5 mempunyai kandungan asetil 43,5-44,8% (Gaol, dkk., 2013).

Selulosa asetat merupakan hasil reaksi esterifikasi dari selulosa dan asetat anhidrat. Ada tiga proses utama yang biasa digunakan untuk mengubah selulosa menjadi selulosa asetat, yaitu: *Solution process* dimana pada proses ini menggunakan asetat anhidrat sebagai *solvent* dan asam asetat glasial sebagai *diluent*, serta asam sulfat sebagai katalis, *Solvent process* yang menggunakan *methylene chloride* sebagai pengganti asam asetat anhidrat dan berfungsi sebagai solven bagi selulosa asetat yang terbentuk, dan *Heterogeneous process* dimana cairan organik *inert*, seperti benzena atau ligroin digunakan sebagai non *solvent* untuk menjaga selulosa terasetilasi yang telah terbentuk dalam larutan. (Carolina, 2010).

Pada penelitian dilakukan sintesa selulosa berbahan baku kertas bekas dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh reaksi terhadap jumlah

rendemen, kadar asetil, dan derajat substitusi dari selulosa asetat serta diharapkan selulosa asetat yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah kertas, *bleaching agent* komersil, asam asetat glasial, asam sulfat 98%, NaOH, asetat anhidrat, HCl, dan *aquadest*.

### Preparasi Bahan Baku

Limbah kertas dicuci terlebih dahulu melalui proses *bleaching* menggunakan *bleaching agent* komersial NaOCl dan dibersihkan dengan *aquadest* hingga pH-nya netral, kemudian dikeringkan dengan oven.

### Delignifikasi

Limbah kertas hasil proses *bleaching* dengan pH netral sebanyak 40 gram didelignifikasi dengan menambahkan larutan NaOH sebanyak 1000 mL dengan konsentrasi 17,5% lalu dipanaskan dengan *hotplate* pada suhu 80°C selama 3 jam. Setelah 3 jam, limbah kertas hasil delignifikasi lalu dicuci menggunakan *aquadest* hingga pH netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C hingga beratnya konstan.

### Sintesis Selulosa Asetat

Sebanyak 5 gram kertas yang telah didelignifikasi dimasukkan ke dalam labu leher tiga kemudian ditambahkan masing-masing 50 mL asam asetat glasial dan asam sulfat 98% pada suhu ruangan dalam keadaan tertutup. Proses asetilasi dilanjutkan dengan menambahkan campuran 50 mL asetat anhidrat dan 20 mL asam asetat glasial dan dipanaskan dalam *waterbath* pada 50°C sehingga menghasilkan selulosa asetat primer (*Primary Cellulose Acetate*). Selulosa asetat primer ini kemudian ditambahkan asam asetat glasial dan asam sulfat. Reaksi berlangsung dengan variasi waktu reaksi selama 1, 2, dan 3 jam pada suhu 80°C. Larutan dimasukkan ke dalam gelas beker 1 l dan ditambahkan 500 ml *aquadest* dengan pengadukan, kemudian didiamkan sehingga selulosa asetat akan berubah menjadi fase padat. Larutan disaring menggunakan corong Buchner dengan penambahan *aquadest* hingga netral. Selulosa asetat yang telah netral kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C hingga berat konstan.

### Analisis Kadar Asetil dan Derajat Substitusi (DS)

Sebanyak 1 gram selulosa asetat dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 40 ml etanol 70%. Campuran dipanaskan dalam penangas pada 55°C selama 30 menit. Campuran ditambahkan 40 ml NaOH 0,5 N dan dipanaskan dalam *waterbath* pada 55°C selama 15 menit. Campuran didiamkan selama 72 jam yang ditutup dengan aluminium foil. Setelah 72 jam, campuran ditambahkan 2 tetes indikator pp dan dititrasi dengan HCl 0,5 N (dicatat banyaknya HCl yang digunakan untuk titrasi tiap sampel), campuran ditutup kembali dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian campuran ditambahkan 2 tetes indikator pp dan dititrasi dengan NaOH 0,5 N (dicatat banyaknya HCl yang digunakan untuk titrasi tiap sampel). Kadar asetil (%) dapat ditentukan dengan persamaan (1).

$$X = [(D - C)Na + (A - B)Nb]x \frac{F}{W} \dots(1)$$

Dalam hal ini, X menyatakan kadar asetil (%), A merupakan volume NaOH yang diperlukan untuk titrasi sampel (ml), B adalah volume NaOH yang diperlukan untuk titrasi blanko (ml), C menyatakan volume HCl yang diperlukan untuk titrasi sampel (ml), D merupakan volume HCl yang diperlukan untuk titrasi blanko (ml), Na adalah normalitas HCl, Nb adalah normalitas NaOH, F adalah 4,305, dan W merupakan berat sampel (Nedjma, dkk., 2013)

Analisa derajat substitusi ditentukan dengan menggunakan persamaan (2). DS merupakan derajat asetilasi yang dapat dihitung menggunakan persamaan diatas setelah diketahui kadar asetil dari selulosa asetat (Gaol, dkk., 2013).

$$DS = \frac{162(\frac{\%Asetil}{43})}{100 - (\frac{42}{43}x \%Asetil)} \dots(2)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sintesa Selulosa Asetat

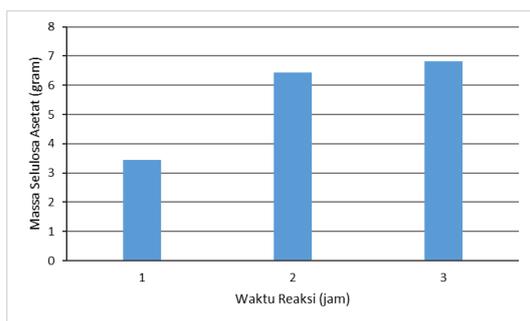
Limbah kertas dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku selulosa asetat dengan mengolah selulosa yang terkandung di dalamnya. Selulosa asetat diperoleh dari beberapa tahapan antara lain preparasi, sintesis, dan purifikasi. Preparasi limbah kertas bekas dilakukan dengan menggunakan *bleaching agent* komersial yang dapat diperoleh bebas di pasar. Proses *Bleaching* dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan

tinta dan zat lain yang terkandung pada limbah kertas, sehingga menghasilkan limbah kertas yang lebih sedikit zat pengotornya. Proses *bleaching* yang terlalu lama dapat merusak rantai hemiselulosa dan selulosa yang terkandung di dalam limbah kertas bekas (Wildan, 2010). Setelah dibersihkan, kertas bekas kemudian diekstrak kandungan selulosanya menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) 17,5% selama 3 jam.

Selulosa yang diperoleh dari proses ekstraksi kertas bekas kemudian direaksikan dengan asetat anhidrida, asam asetat glasial, air, dan asam sulfat sehingga menghasilkan selulosa asetat. Reaksi ini terdiri dari dua tahapan reaksi, yaitu reaksi substitusi gugus asetil pada gugus hidroksil selulosa atau yang sering juga disebut sebagai reaksi asetilasi yang menghasilkan produk selulosa triasetat. Tahapan kedua yaitu hidrolisis gugus asetil pada selulosa asetat untuk menghasilkan selulosa diasetat (selulosa asetat). Reaksi yang terlalu lama dapat menyebabkan terbentuknya selulosa monoasetat akibat dari proses hidrolisis yang terlalu lama.

### Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Rendemen Selulosa Asetat

Selulosa asetat yang dihasilkan dari selulosa kertas bekas memiliki tekstur padat dan berwarna putih. Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa waktu reaksi mempengaruhi produk selulosa asetat yang terbentuk. Peningkatan waktu reaksi dari 1, 2, dan 3 jam menghasilkan peningkatan massa selulosa asetat, yaitu 3,4506 gram; 6,4395 gram; dan 6,8211 gram.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu terhadap Selulosa Massa Asetat yang Terbentuk

Peningkatan massa rendemen selulosa asetat terhadap waktu reaksi dipengaruhi oleh jumlah selulosa yang bereaksi. Waktu reaksi yang semakin lama menyebabkan selulosa yang bereaksi semakin banyak, sehingga

menghasilkan produk rendemen selulosa asetat yang semakin banyak pula (Braun, dkk., 2013).

### Analisis Kadar Asetil

Analisis kadar asetil dilakukan untuk mengetahui persen asetil yang terdapat pada selulosa asetat terbentuk sehingga diketahui jenis selulosa asetat yang dihasilkan termasuk monoasetat, diasetat, atau triasetat. Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa, derajat substitusi selulosa asetat berkurang seiring dengan bertambahnya waktu reaksi, hingga mencapai maksimum pada waktu asetilasi 3 jam. Peningkatan waktu asetilasi yang lebih lanjut menyebabkan terjadinya penurunan derajat substitusi. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu reaksi akan membuat semakin banyak selulosa asetat yang terhidrolisis. Hidrolisis selulosa asetat menyebabkan gugus asetil kembali tersubstitusi oleh gugus hidroksil dari air (Keenan, 1984). Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang memperoleh hasil serupa dimana waktu reaksi yang semakin lama akan membuat selulosa asetat terdegradasi (Gaol, dkk., 2013).

**Tabel 1.** Kadar Asetil dan Derajat Substitusi setiap Waktu Reaksi

Waktu Reaksi (Jam)	Kadar Asetil (%)	Derajat Substitusi
1	39,90197	2,46335
2	33,47138	1,87353
3	22,65506	1,09605

Pengadukan berlangsung konstan 70 rpm sementara suhu reaksi dijaga pada 80°C, keadaan ini memungkinkan terjadinya degradasi selulosa asetat yang telah terbentuk (Zhaafirah, dkk., 2017). Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa selulosa asetat yang dihasilkan termasuk kedalam jenis selulosa diasetat dan selulosa monoasetat. Terbentuknya selulosa monoasetat ini dapat disebabkan karena kurangnya waktu asetilasi dan berlebihnya waktu hidrolisis pada saat reaksi pembentukan selulosa asetat. Selulosa asetat dari hasil reaksi 1 jam menghasilkan selulosa asetat berupa diasetat dengan kadar asetil dan derajat substitusi yang sesuai rentangnya. Penurunan nilai kadar asetil dan derajat substitusi dengan pengaruh peningkatan waktu reaksi dapat terjadi karena adanya

degradasi selulosa asetat. Tabel 1. menunjukkan hubungan antara kadar asetil dan derajat substitusi selulosa asetat. Derajat substitusi dari selulosa asetat semakin berkurang seiring juga dengan berkurangnya kadar asetil dari selulosa asetat. Kadar asetil yang sedikit menunjukkan bahwa sedikitnya juga gugus asetil yang tersubstitusi (Souhoka dan Latupersiana, 2018). Selulosa asetat yang dihasilkan dari penelitian ini merupakan suatu zat padatan berwarna putih yang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Selulosa Asetat dari Kertas Bekas

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kertas bekas dapat menjadi bahan baku pembuatan selulosa asetat melalui preparasi bahan baku, delignifikasi, dan sintesis selulosa asetat. Peningkatan waktu reaksi pada proses sintesis menghasilkan peningkatan pula rendemen selulosa asetat yang terbentuk yaitu sebanyak 3,4506 gram; 6,4395 gram; dan 6,8211 untuk waktu reaksi 1, 2, dan 3 jam. Peningkatan waktu reaksi juga mempengaruhi kadar asetil dan derajat substitusi selulosa asetat dimana semakin lama waktu reaksi maka kadar asetil dan derajat substitusi yang diperoleh juga semakin rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arfah, M., 2017. Pemanfaatan Limbah Kertas Menjadi Kertas Daur Ulang Bernilai Tambah. *Buletin Utama Teknik*. 13(1): 28–31.
- Badan Pusat Statistik, 2018. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2018: Pengelolaan Sampah di Indonesia. *BPS*, Jakarta.
- Braun, D., Cherdron, H., Rehahn, M., Ritter, H. dan Voit, B., 2013. *Polymer Synthesis: Theory and Practice: Fundamentals, Methods, Experiments (Fifth Ed.)*. Springer Heidelberg, New York.
- Carolina, A., 2010. Prarancangan Pabrik Selulosa Asetat Dari Selulosa Dan Asetat Anhidrid Dengan Proses Asetilasi Kapasitas 25.500 Ton Per Tahun. <http://eprints.ums.ac.id/9078/>
- Fatoni, N., Imanuddin, R.L., dan Darmawan, A.R., 2017. Pendayagunaan Sampah Menjadi Produk Kerajinan. *DIMAS*. 17(1): 83–96.
- Gaol, M.R.L.L., Sitorus, R., Yanthi, S., Surya, I., dan Manurung, R., 2013. Pembuatan Selulosa Asetat dari Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(3): 33–39.
- Kemenko Kemaritiman, 2018. *Indonesia Marine Debris Hotspot*.
- Keenan, C.W., 1984. *Kimia untuk Universitas*. Erlangga, Jakarta
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F., 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology (4th Eds.)*. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Lewin, M., 2007. *Handbook of Fiber Chemistry*. CRC Press, Amerika.
- Nedjma, S., Djidjelli, H., Boukerrou, A., Benachour, D., dan Chibani, N., 2013. Deinked and Acetylated Fiber of Newspapers, *Journal of Applied Polymer Science*.
- Noor, E., Rusli, M.S., Yani, M., Halim, A., dan Reza, N., 2005. Pemanfaatan Sludge Limbah Kertas untuk Pembuatan Kompos dengan Metode Windrow dan Cina. *J Tek Ind Pert*. 15(2): 67–71.
- Sholikhah S.M., Nanik W., dan Supartono, Suhartono, 2018. Produksi Bioetanol dari Kertas HVS Bekas melalui Hidrolisis Enzim Selulase Jamur Tiram. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1): 11–16.
- Souhoka, F.A. dan Latupeirissa, J., 2018. Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat (CA). *Indo. J. Chem. Res.*, 2018, 5(2): 58-62.
- Wildan, A., 2010. Studi Proses Pemutihan Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber. Tesis. *Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro*: Semarang.
- Zhaafirah, H., Gema Fitriyano, dan Ummul Habibah Hasyim., 2017. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Rendemen dan Identifikasi Selulosa Asetat Hasil Asetilasi dari Limbah Kulit Pisang Kepok. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.