

## Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari $\alpha$ -Selulosa *Fiber Cake* Kelapa Sawit

Indarianti Utami<sup>\*1</sup>, Abu Hasan<sup>2</sup>, Robert Junaidi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>antikutami@gmail.ac.id

### Abstrak

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi selulosa asetat dari  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit ini telah dilakukan dengan menggunakan anhidrida asetat sebagai *acetylating agent*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan selulosa asetat dengan klasifikasi selulosa diasetat yang memiliki *yield* produk yang tinggi, mempelajari pengaruh variasi rasio selulosa:anhidrida asetat, waktu asetilasi, dan suhu asetilasi untuk mendapatkan selulosa asetat dengan kondisi yang optimal dari  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan variasi rasio selulosa:anhidrida asetat (1:5; 1:10; 1:15), waktu asetilasi (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5)jam, dan suhu asetilasi (25 dan 40) °C menghasilkan 30 sampel produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selulosa asetat yang didapatkan berupa selulosa diasetat dengan bentuk padatan berupa serbuk, berwarna putih gading, dan tidak berbau serta memiliki kadar  $\alpha$ -selulosa sebesar 84,29 % dengan kadar air 9,16 % pada rasio selulosa:anhidrida asetat (1:10), waktu asetilasi 1,5 jam, dan suhu asetilasi 40°C dengan nilai *yield* produk, kadar asetil, dan derajat substitusi berturut-turut 49 %, 39,97 %, dan 2,5.

**Kata kunci:**  $\alpha$ -selulosa, asetilasi, *fiber cake*, selulosa asetat

## *Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate (CA) from Palm Oil $\alpha$ -Cellulose Fiber Cake*

### Abstract

Research on the synthesis and characterization of cellulose acetate from palm oil  $\alpha$ -cellulose fiber cake has been carried out using acetic anhydride as an acetylating agent. This study aims to obtain cellulose acetate with cellulose diacetate classification which has a high product yield, study the effect of variations in the ratio of cellulose:acetic anhydride, acetylation time, and acetylation temperature to obtain cellulose acetate with optimal conditions from palm oil  $\alpha$ -cellulose fiber cake. This study used variations in the ratio of cellulose:acetic anhydride (1:5; 1:10; 1:15), acetylation time (0.5; 1; 1.5; 2; 2.5) hours, and acetylation temperature (25 and 40) °C produces 30 product samples. The results showed that the cellulose acetate obtained was in the form of cellulose diacetate with a solid form in the form of powder, ivory white, and odorless and had 84.29% of  $\alpha$ -cellulose content with 9.16% of a moisture content at the ratio of cellulose:acetic anhydride (1 :10), acetylation time 1.5 hours, and acetylation temperature 40°C with product yield, acetyl content, and degree of substitution 49.6%, 39.97%, and 2.5, respectively.

**Keywords:**  $\alpha$ -cellulose, acetylation, cellulose acetate, fiber cake

## 1. PENDAHULUAN

*Cellulose Acetate* atau selulosa asetat adalah selulosa yang gugus hidroksilnya diganti oleh gugus asetil. Menurut [1], selulosa asetat berbentuk padatan putih, tidak beracun, tak berasa, dan tak berbau. Selulosa memiliki tiga gugus hidroksil per residu anhidroglukosa, sehingga dapat dilakukan reaksi-reaksi seperti esterifikasi, eterifikasi dan lain-lain terhadap gugus hidroksil dari selulosa [2]. Esterifikasi selulosa dilakukan menggunakan asam asetat, asam nitrat, asam sulfat, dan asam fosfat [3]. Bentuk esterifikasi selulosa dengan menggunakan anhidrida asam asetat menghasilkan selulosa asetat (CA) dengan mereaksikan selulosa dengan bantuan asam sulfat sebagai katalis [4].

Proses pembentukan selulosa asetat sangat penting bergantung pada ester-ester organik dimana gugus hidroksil dari berbagai macam asam organik maupun anorganik. Proses pembuatan selulosa asetat terdiri atas 3

tahap, yaitu tahap aktivasi, tahap asetilasi, dan tahap hidrolisis. Tahap pertama adalah menambahkan *swelling agent* berupa asam asetat glasial yang bertujuan untuk mendapatkan luas permukaan serat selulosa yang besar sehingga memudahkan difusi asam sulfat dan asetat anhidrida ke dalam serat selulosa [5]. Tahap kedua adalah asetilasi, yaitu pembentukan selulosa asetat dengan penambahan asetat anhidrida dengan katalis asam sulfat yang bertujuan untuk mengganti gugus hidroksil dengan gugus asetil. Asam sulfat mula-mula bereaksi dengan anhidrida asetat membentuk asetil sulfat yang kemudian bereaksi dengan selulosa membentuk selulosa asetat. Agen asetilasi yang umum digunakan untuk industri adalah anhidrida asam asetat karena lebih murah, tidak mudah dihidrolisis, dan reaksinya tidak berbahaya [6]. Tahap ketiga adalah hidrolisis yang bertujuan untuk menghilangkan sebagian gugus asetil dari selulosa trimester dan untuk menurunkan kombinasi ester sulfat asam dimana larutan direaksikan dengan asam asetat glasial dan air pada suhu 25°C. Penambahan larutan asam asetat encer bertujuan untuk menghentikan proses asetilasi. Semakin lama proses hidrolisis maka semakin lama terjadinya proses deasetilasi sehingga semakin kecil kadar asetil yang dihasilkan. Proses hidrolisis dihentikan dengan menetralkan katalis asam sulfat menggunakan garam natrium asetat [7].

Beberapa penelitian tentang *Cellulose Acetate*, telah dilaporkan diantaranya yang dilakukan oleh Gaol dkk. (2013) dengan bahan baku dari TKKS melakukan variasi waktu asetilasi (2-3,5) jam dengan suhu 25 °C dan volume anhidrida asetat 15 ml menghasilkan kondisi optimum pada waktu asetilasi 2,5 jam; *melting point* 200 °C; derajat substitusi 1,680; dan kadar asetil 31,080 %. Nurhayati dan Kusumawati (2014) dengan bahan baku limbah pengolahan agar melakukan variasi rasio selulosa:anhidrida asetat (1:10; 1:20; dan 1:30) (b/v) dengan suhu 50 °C menghasilkan kondisi optimum pada rasio selulosa:anhidrida asetat (1:10); dan kadar asetil 45,07%. Selain itu, Asparingga dkk. (2018) dengan bahan baku sabut kelapa melakukan waktu asetilasi selama 4 jam pada suhu 60 °C dan variasi volume anhidrida asetat (20; 40; dan 60) ml menghasilkan kondisi optimum pada volume anhidrida asetat 40 ml; kadar asetil 39,69 %; dan derajat substitusi 2,44. Berdasarkan beberapa informasi penelitian tersebut, bahan baku yang digunakan dalam pembuatan selulosa asetat adalah yang kaya akan kandungan selulosa.

Sabut kelapa sawit merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg [8]. Sabut berasal dari *mesocarp* buah kelapa sawit yang telah mengalami pengempaan di dalam *screw press* (alat pengempa) pada stasiun kempa. Kemudian dilakukan pencacahan di *Cake Breaker Conveyor* (CBC) dan serat dihisap oleh *Depericarper* menuju ke *Fiber Cyclone*. Kandungan nutrisi *fiber cake* kelapa sawit terdiri dari : protein kasar 3,6 %, lemak 1,9 %, abu 5,6 %, selulosa 59,6 %, lignin 28,5 %, dan *impurities* 8 % [9]. Kandungan selulosa yang tinggi pada sabut kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan selulosa asetat.

Selulosa asetat diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan derajat substitusinya yaitu : selulosa monoasetat dengan DS antara 0-2 dan kadar asetil < 35 %, selulosa diasetat dengan DS 2-2,8 dengan kadar asetil 35-43 %, dan selulosa triasetat dengan DS 2,8-3,5 dengan kadar asetil 43,5-44,8% [10]. Berdasarkan klasifikasinya, selulosa asetat dapat diaplikasikan sebagai bahan pelapis untuk kertas, logam, gelas, dan sebagai perekat untuk film topografi. Selain itu dapat digunakan untuk tekstil, filter rokok, cat, plastic *biodegradable*, pelapis kertas, dan membran.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan selulosa asetat dengan klasifikasi selulosa diasetat dari  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit dengan melakukan variasi rasio selulosa:anhidrida asetat (1:5-1:15) (b/v) dan suhu (25 dan 40) °C dengan lama waktu asetilasi (30 menit-2,5 jam) untuk meningkatkan kadar asetil dan *yield* produk dari selulosa asetat yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2021 dan bertempat di Laboratorium Kimia Analisis Dasar dan Satuan Operasi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

### 2.2. Alat dan Bahan

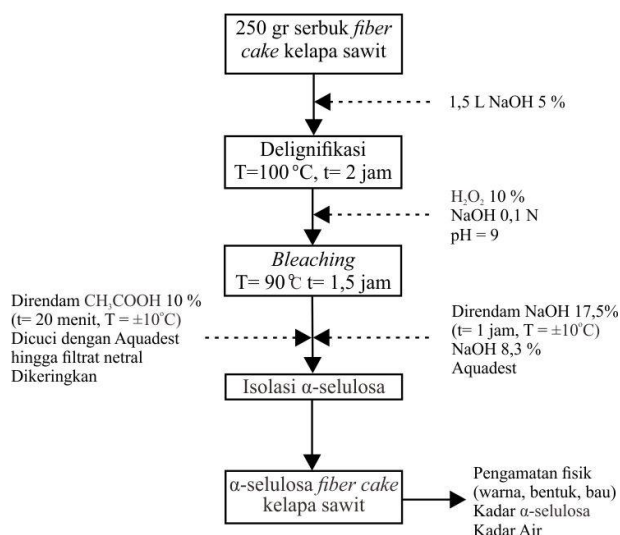
Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas kimia, pipet ukur, pipet tetes, labu takar, erlenmeyer, neraca analitik, ayakan, *magnetic stirrer*, buret, *hotplate*, thermometer, dan oven. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *fiber cake* kelapa sawit, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH, (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>3</sub>COONa, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, Aquadest, Aseton, Indikator pp, HCl, *aluminium foil*, kertas pH, dan kertas saring.

### 2.3. Preparasi Sampel

Sampel *fiber cake* kelapa sawit diperoleh dari hasil industri pengolahan kelapa sawit PT Daya Semesta Agro Persada. Sampel di menghaluskan menggunakan *grinding* dan disaring dengan menggunakan saringan 50 mesh.

### 2.4. Isolasi $\alpha$ -Selulosa *Fiber Cake* Kelapa Sawit

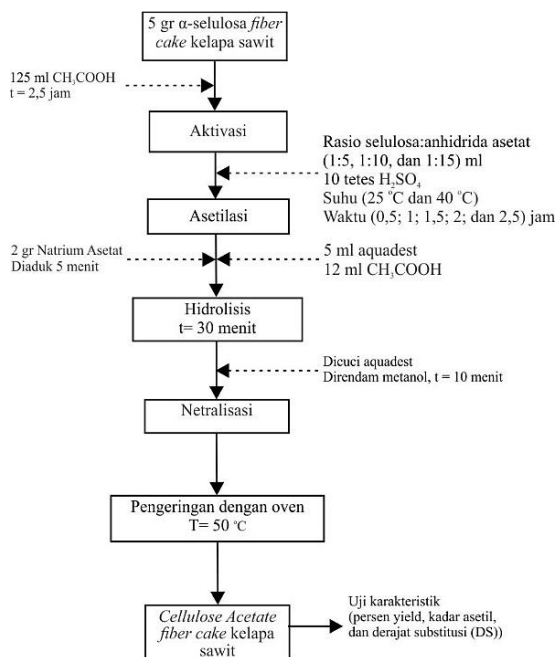
Isolasi  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit dilakukan dalam 3 tahapan yaitu *Delignifikasi* [11], *Bleaching* [12], dan Isolasi  $\alpha$ -selulosa [13]. Proses isolasi  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Isolasi  $\alpha$ -Selulosa *Fiber Cake* Kelapa Sawit

### 2.5. Sintesis *Cellulose Acetate* dari $\alpha$ -Selulosa *Fiber Cake* Kelapa Sawit [10]

Proses sintesis *cellulose acetate* dari  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sintesis *Cellulose Acetate* dari  $\alpha$ -Selulosa *Fiber Cake* Kelapa Sawit

## 2.6. Analisis Bahan Baku

### Penentuan Kadar $\alpha$ -Selulosa

Menimbang sampel  $\alpha$ -Selulosa *fiber cake* kelapa sawit sebanyak 0,15 gram dan dimasukkan dalam gelas kimia 100 ml. Menambahkan 7,5 ml NaOH 17,5% dengan suhu larutan NaOH 25°C dan mengaduk campuran dengan batang pengaduk sampai terdispersi sempurna dan didiamkan selama 30 menit. Setelah sampel telah terdispersi, mengangkat batang pengaduk dan membersihkan sampel yang menempel dengan mencuci batang pengaduk dengan 2,5 ml larutan NaOH 17,5% sehingga total larutan dalam erlenmeyer adalah 10 ml.. Menambahkan 10 ml aquadest, diaduk dan dibiarkan selama 30 menit, sehingga total waktu ekstraksi seluruhnya adalah 60 menit. Setelah 60 menit, menyaring sampel dengan menggunakan kertas saring yang telah diketahui bobotnya dan menampung filtrat. Memipet filtrat 2,5 ml ke dalam Erlenmeyer 100 ml dan menambahkan 1 ml larutan kalium dikromat 0,5 N dan 5 ml asam sulfat pekat ke dalam erlenmeyer. Memanaskan larutan pada suhu 130°C kemudian menambahkan 5 ml aquadest dan dinginkan pada suhu ruangan. Menambahkan 3 tetes indikator ferroin dan melakukan titrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat 0,1 N sampai berwarna ungu (Melakukan titrasi blanko dengan perlakuan yang sama) [1]. Kandungan alfa selulosa dihitung menurut rumus pada persamaan (1).

$$X = 100 - \frac{6,85 (V_1 - V_2) \cdot N \cdot 20}{A \cdot W} \quad (1)$$

dengan :

- X = alfa selulosa (%);
- V<sub>1</sub> = Volume titrasi blanko (ml);
- V<sub>2</sub> = Volume titrasi sampel (ml);
- N = Normalitas ferro ammonium sulfat;
- A = Volume filtrat yang dianalisa (ml);
- W = Berat kering sampel (gram);

### Penentuan Kadar Air

Analisa kadar air  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit dilakukan menggunakan metode SNI 08-7070-2005. Caranya yaitu sejumlah bahan baku ditimbang sebagai berat awal, kemudian bahan dikeringkan dalam oven dan ditimbang sampai berat akhirnya konstan [18]. Kadar air bahan dihitung dengan rumus pada persamaan (2).

$$X = \frac{(a)-(b)}{(a)} \times 100 \quad (2)$$

dengan :

- X = Kadar air (%);
- (a) = Berat contoh sampel semula (gram);
- (b) = Berat kering sampel (gram);

## 2.7. Analisis Cellulose Acetate

### Yield Produk

Persen yield produk didapatkan dari perbandingan antara massa aktual selulosa asetat yang didapatkan dari hasil reaksi asetilasi dengan massa teoritis selulosa asetat [19]. Persamaan (3) digunakan untuk menghitung yield produk.

$$Yield (\%) = \frac{a}{b} \times 100 \% \quad (3)$$

Dengan :

- a = Massa aktual (gr)
- b = Massa teoritis (gr)

### Penentuan Kadar Asetil dan Derajat Substitusi

Penentuan kadar asetil selulosa asetat dilakukan dengan Sebanyak 1 g serbuk CA hasil sintesis dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan dengan 40 mL etanol 75% kemudian dipanaskan dalam penangas air pada

suhu 55 °C selama 30 menit. Selanjutnya Erlenmeyer dikeluarkan dari penangas, kemudian ditambahkan 40 mL NaOH 0,5 N lalu dipanaskan kembali pada suhu 55 °C selama 30 menit. Erlenmeyer ditutup dengan *aluminium foil* dan didiamkan selama 72 jam. Kemudian ditambahkan 2 tetes indikator pp dan dititrasi dengan HCl 0,5 N (dicatat banyaknya HCl yang terpakai). Erlenmeyer ditutup kembali dengan *aluminium foil* dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian dititrasi dengan NaOH 0,5 N (dicatat banyaknya NaOH yang terpakai). Perlakuan yang sama untuk blanko namun tanpa penambahan serbuk CA [17]. Kadar asetil dihitung dengan rumus pada persamaan (4).

$$X = [(D - C)Na + (A - B)Nb] x \left(\frac{F}{W}\right) \quad (4)$$

Sedangkan, persamaan (5) digunakan untuk menghitung DS.

$$DS = \left( \frac{162 x \frac{\%asetil}{43}}{100 - (\frac{42}{43} x \%asetil)} x 100\% \right) \quad (5)$$

dimana :

- X = Kadar asetil (%)
- A = Volume NaOH titrasi sampel (mL)
- B = Volume NaOH titrasi blanko (mL)
- C = Volume HCl titrasi sampel (mL)
- D = Volume HCl titrasi blanko (mL)
- Na = Normalitas HCl
- Nb = Normalitas NaOH
- 162 = Berat molekul unit anhidroglukosa
- 43 = Mr asetil
- F = 4,305
- W = Berat sampel (g)

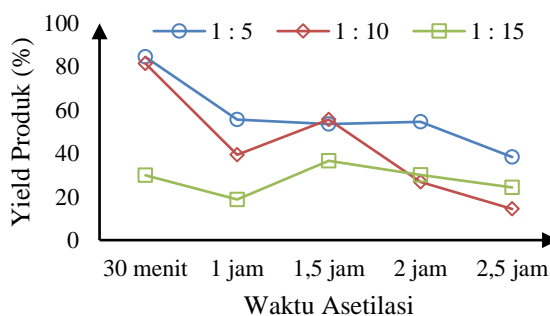
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Penentuan Kadar α-Selulosa dan Kadar Air

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kadar α-selulosa sebesar 84,29 % dengan kadar air sebesar 9,16 %.

#### 3.2. Penentuan Yield Produk

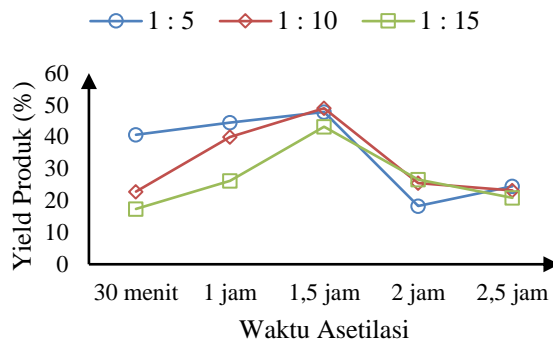
Rendemen atau yield produk digunakan untuk menunjukkan efektifitas reaksi pembuatan selulosa asetat. Grafik pengaruh waktu asetilasi terhadap yield produk yang dihasilkan dapat dilihat dari Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Yield Produk Variasi Suhu 25 °C

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 diperoleh yield produk yang dihasilkan pada suhu 25 °C cenderung lebih besar dibandingkan dengan yield produk pada suhu 40 °C. Hal ini terjadi karena suhu tinggi dan waktu asetilasi yang panjang dapat menyebabkan selulosa dan selulosa asetat terdegradasi sehingga mengakibatkan yield produk turun. Selain itu penambahan jumlah pelarut juga mempengaruhi homogenitas dari larutan tetapi jika

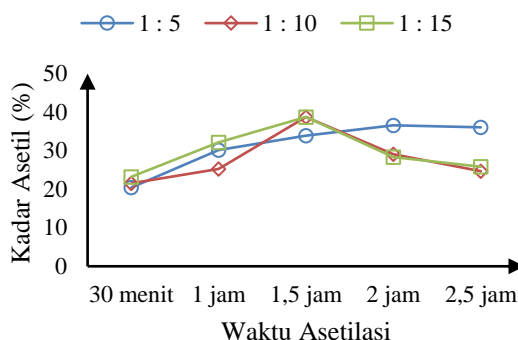
jumlahnya yang terlalu besar akan mengurangi kemungkinan tumbukan antar reaktan (memperkecil konsentrasi reaktan) sehingga akan memperkecil yield dari produk [10].



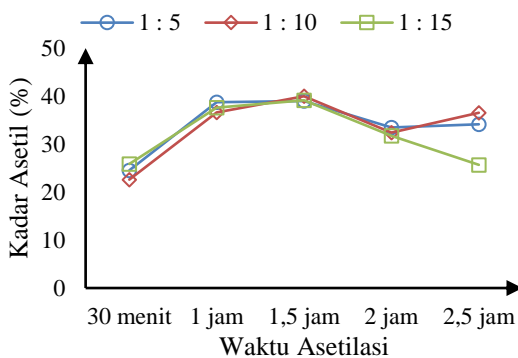
Gambar 4. Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Yield Produk Variasi Suhu 40 °C

### 3.3. Penentuan Kadar Asetil Selulosa Asetat

Analisis kadar asetil bertujuan untuk mengetahui jenis selulosa asetat yang dihasilkan termasuk monoasetat, diasetat, atau triasetat. Selulosa monoasetat memiliki kandungan asetil < 35 %, selulosa diasetat memiliki kandungan asetil 35-45 %, dan selulosa triasetat memiliki kandungan asetil 43,5-44,8 % [10]. Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar asetil adalah suhu dan rasio selulosa : anhidrida asetat. Grafik pengaruh waktu asetilasi terhadap kadar asetil yang dihasilkan dapat dilihat dari Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Variasi Suhu 25 °C



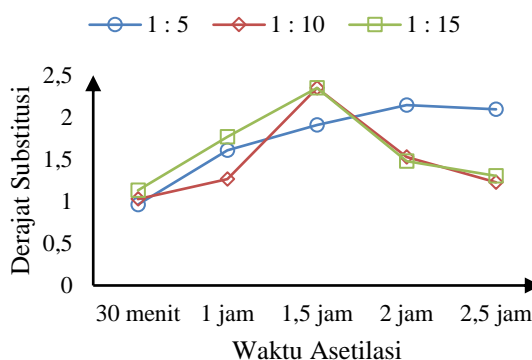
Gambar 6. Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Variasi Suhu 40 °C

Hasil yang diperoleh terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio selulosa: anhidrida asetat dan semakin lama waktu asetilasi maka kadar asetil yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sesuai dengan Darwis et al (2003) yang menyatakan kadar asetil selulosa asetat akan meningkat dengan meningkatnya rasio anhidrida asetat. Namun, terjadi penurunan kadar asetil saat telah mencapai kondisi optimum pada waktu asetilasi 1,5 jam.

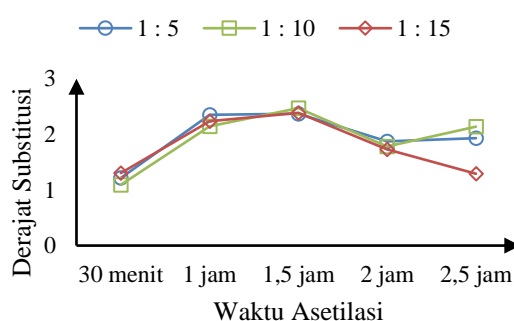
Reaksi Asetilasi sebaiknya berjalan pada suhu antara 40 °C sampai 45 °C, jika suhu lebih rendah akan mengakibatkan reaksi berjalan dengan laju reaksi yang lambat. Jika reaksi diatas suhu 50 °C atau lebih, maka akan memungkinkan bahan untuk lebih mudah menguap dan sebagian lagi terpapar panas. Sehingga bahan yang tersisa menjadi rusak dan mengurangi jumlah dari hasil reaksi [14]. Hal ini menyebabkan kadar asetil pada variasi suhu 25 °C lebih kecil dibandingkan dengan kadar asetil pada suhu 40 °C. Selulosa asetat dengan kadar asetil tertinggi 39,97 %. Selulosa asetat yang dihasilkan dikategorikan sebagai selulosa diasetat.

### 3.4. Penentuan Derajat Substitusi

Kadar asetil merupakan ukuran jumlah asam asetat yang diesterifikasi pada rantai selulosa yang akan menentukan nilai derajat substitusi (DS). Semakin tinggi kadar asetil semakin tinggi pula derajat substitusinya [15]. Derajat substitusi digunakan untuk mengetahui jumlah gugus hidroksil (-OH) yang tergantikan dengan gugus asetil (-OCH<sub>3</sub>CO) sebagai acuan terbentuknya selulosa asetat yang dihasilkan. Selain itu, derajat substitusi juga menentukan pelarut yang dapat terlarut dalam selulosa asetat. Grafik pengaruh waktu asetilasi terhadap derajat substitusi yang dihasilkan dapat dilihat dari Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Derajat Substitusi Variasi Suhu 25 °C



Gambar 8. Pengaruh Waktu Asetilasi Terhadap Derajat Substitusi Variasi Suhu 40 °C

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 diketahui bahwa nilai derajat substitusi berbanding lurus dengan kadar asetil. Hal ini terlihat pada rasio 1:5, 1:10, dan 1:15 dimana semakin tinggi rasio selulosa : anhidrida asetat (b/v) maka semakin besar nilai derajat substitusi yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak jumlah partikel sehingga akan menyebabkan gerakan molekul semakin cepat. Dengan demikian kontak antara pereaksi dan bahan semakin sering sehingga memberi kesempatan yang lebih besar untuk gugus asetil tersubstitusi pada gugus hidroksil [16].

Selain itu, nilai derajat substitusi dipengaruhi oleh waktu asetilasi. Semakin meningkat waktu asetilasi maka semakin tinggi juga derajat substitusinya, baik pada rasio 1:5, 1:10, dan 1:15 dan mengalami penurunan apabila telah mencapai kondisi optimum. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu asetilasi *cellulose acetate* yang dihasilkan mengalami degradasi struktur sehingga gugus asetil yang tersubstitusi akan semakin sedikit. Kondisi optimum berada pada rasio 1:10 dengan waktu asetilasi 1,5 jam menghasilkan nilai derajat substitusi 2,5.

#### 4. KESIMPULAN

Pada kondisi optimum selulosa yang dihasilkan merupakan selulosa diasetat dengan yield produk 49 %, memiliki kadar asetil 39,97 %, dan nilai derajat substitusi 2,5. Penambahan rasio selulosa:anhidrida asetat dapat meningkatkan jumlah partikel anhidrida asetat yang bereaksi sehingga akan menyebabkan gerakan molekul semakin cepat sehingga memberi kesempatan yang lebih besar untuk gugus asetil tersubstitusi pada gugus hidroksil pada *cellulose acetate* yang dihasilkan. Kondisi optimal yang dihasilkan pada rasio 1:10. Peningkatan waktu asetilasi dapat meningkatkan yield produk dan kadar asetil dari *cellulose acetate* yang dihasilkan dan terjadi penurunan apabila telah mencapai kondisi optimum. Sedangkan peningkatan suhu dapat mempercepat terjadinya reaksi. Kondisi optimum waktu asetilasi berada pada 1,5 jam dan pada suhu 40 °C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] BSN, "Pulp - Cara uji kadar selulosa alfa, beta, gamma", 2009. SNI 0444 : 2009.
- [2] Kamel, S., Ali, N., Jahangir K., Shah, S. M., ElGendy A. A., "Pharmaceutical significance of cellulose: A review", *Express Polymer Letters*, 2(11), 758-778, 2008.
- [3] Wang, Q., J. Y. Zhu, dan J.M. Considine, "Strong and Optically Transparent Films Prepared Using Cellulosic Solid Residue Recovered from Cellulose Nanocrystals Production Waste Stream", *ACS Applied Materials and Interfaces* 5 (7): 2527-34, 2013. doi:10.1021/am302967m.
- [4] Kroschwitz, J., "Polymer Characterization and Analysis", Jhon Wiley and Sons, Inc, Canada, 1990.
- [5] Kirk, R.E dan Othmer, D.F., "Encyclopedia of Chemical Technology". Interscience Encyclopedia, Inc, New York, 1994.
- [6] Wahyuni, E., "Pemanasan Gelombang Mikro Dalam Reaksi Asetilasi Anilin dan Turunannya Di atas Alumina". *Laporan Penelitian*. Bogor: Departemen FMIPA UGM, 2004.
- [7] Darmawan, M.T., Elma, M., Ihsan, M., "Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari Alfa Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit". *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1): 50-55, 2018.
- [8] Mandiri, "Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan", Jakarta, 61, 2012.
- [9] Koba Y. dan Ishizaki A., "Chemical Composition of Palm Fiber and Its Feasibility as Cellulosic Raw Material for Sugar production", *Aric. Biol. Chem*, 54(5) :1183- 1187, 1990.
- [10] Gaol, M.R.L; Sitorus, R., Yanthi, S., Surya, I., Manurung, R., "Pembuatan Selulosa Asetat Dari  $\alpha$ -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit", *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 2013.
- [11] Widodo, L. U., Sumada, K., Pujiastuti, C., dan Karaman, N., "Pemisahan Alpha-Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida". *Jurnal Teknik Kimia*. 7(2), 43-47, 2013.
- [12] Irfanto, H., "Proses Bleaching Pelelepah Sawit Hasil Hidrolisis sebagai Bahan Baku Nitroselulosa dengan Variasi Suhu dan Waktu Reaksi". *Skripsi*. Pekanbaru: Universitas Riau, 2012.
- [13] Herawan, T., Rivani, M., "Karakterisasi Selulosa Mikro-kristal dari Tandan Kosong Sawit". *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit 2013*. 181- 190, 2013, ISBN 978-602-7539-16-7.
- [14] Das, A.M., "Synthesis and characterization of cellulose acetate from rice husk: Eco-friendly condition", *Elsevier : Carbohydrate Polymers*, 2014. 112: p. 342 – 349, 2014.
- [15] Seto, A.S dan Sari, A.M., "Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata De Soya", *Konversi*, 2(2), 2013.
- [16] Gonzalez, Z., & Perez, E., "Effect of acetylation on some properties of rice starch". *Starch-Stärke*, 54(3-4), 148- 154, 2002.
- [17] American Society for Testing and Material (ASTM), "ASTM Book of Standard D 871-91: Standard Methods of Testing Cellulose Acetate", Philadelphia, 1991.
- [18] BSN, "Cara Uji Kadar Air Pulp dan Kayu dengan Metode Pemanasan dalam Oven", 2005. SNI 08-7070-2005
- [19] Vogel, A.I., Tatchell, A.R., Furnis, B.S., Hannaford, A.J. and P.W.G. Smith, "Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry, 5th Edition", Prentice Hall, 1996. ISBN 0-582-46236-3.