

PEMBUATAN SELULOSA ASETAT DARI α -SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

M Roganda L Lumban Gaol, Roganda Sitorus, Yanthi S, Indra Surya, Renita Manurung

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan

Jalan Almamater Kampus USU, Medan 20155

Email: ganda_gaol@ymail.com

Abstrak

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit di Indonesia saat ini masih sangat minim, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut. Salah satunya dengan melakukan penelitian pembuatan selulosa asetat dari tandan kosong kelapa sawit. Adapun proses yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses cellanase dengan bahan baku α -selulosa. Tahapan reaksinya adalah aktivasi, asetilasi, hidrolisis, netralisasi dan pengeringan. Aktivasi dilakukan di dalam labu leher tiga dengan penambahan asam asetat glacial 50 ml dan diaduk selama 3 jam. Selanjutnya ditambahkan asam asetat anhidrid 15 ml sebagai agent asetilasi. Asetilasi dilakukan dengan variasi waktu, 2; 2,5; 3; 3,5 jam. Pada tahapan hidrolisis, ditambahkan air 2 ml dan asam asetat glacial 5 ml. Reaksi berlangsung selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan 1 gr sodium asetat untuk netralisasi, netralisasi berlangsung selama 5 menit. Kemudian dilakukan pencucian sampai bau asam asetat hilang dan tahapan terakhir adalah pengeringan yang dilakukan dengan suhu di bawah 50 °C. Produk yang dihasilkan kemudian dianalisa derajat substitusinya, dan kemudian dilakukan analisa FTIR. Hasil penelitian yang diperoleh kondisi waktu optimum reaksi asetilasi adalah 2,5 – 3 jam

Kata Kunci : asetilasi, derajat substitusi, selulosa asetat

Abstract

Utilization of empty fruit bunches of oil palm in Indonesia is still very low, so it should be developed further. One of them by researching the manufacture of cellulose acetate from oil palm empty fruit bunches. The process used in this study is the cellanase with α -cellulose materials. Stages reaction is activation, acetylation, hydrolysis, neutralization and drying. Activation in the three-neck flask with the addition of 50 ml of glacial acetic acid and stirred for 3 hour, then added 15 ml of acetic acid anhydride as acetylation agent. Acetylation performed with the variation of time, 2, 2.5, 3, 3.5 hours. In the hydrolysis step, add 2 ml of water and 5 ml of glacial acetic acid. The reaction lasted for 30 minutes, then added 1 g of sodium acetate for neutralization, neutralization lasts for 5 minutes. Then do the washing up to the smell of acetic acid is lost, and the last stage is the drying is done with a temperature below 50 °C. The resulting products are then analyzed the degree of substitution, melting point, and then carried out FTIR analysis. The results obtained when the optimum conditions for the acetylation reaction is 2.5 - 3 hours.

Keywords : acetylation, degree of substitution, cellulose acetate

Pendahuluan

Indonesia saat ini merupakan negara yang mempunyai perkebunan kelapa sawit terluas di dunia. Data Asosiasi Petani Kelapa Sawit Indonesia menyebutkan luas kebun sawit mencapai 7,796 juta hektare pada 2010 [3]. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, karena merupakan penghasil minyak nabati yang sangat potensial.

Industri pengolahan kelapa sawit ini menghasilkan limbah padat dalam jumlah yang sangat besar. Dari beberapa jenis limbah padat yang dihasilkan seperti tandan kosong kelapa sawit(TKKS), sabut, lumpur, cangkang sawit, dan lain-lain, tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah yang terbesar tetapi hampir tidak memiliki nilai ekonomi. Rerata produksi tandan kosong kelapa sawit adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar yang diproses di Pabrik Kelapa Sawit. Saat ini pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit hanya sebatas pupuk kompos dan bahan serat.

Komposisi alpha selulosa yang cukup besar dalam tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadikan TKKS ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan selulosa asetat yang merupakan suatu ester organik penting yang dimanfaatkan dalam industri tekstil, fotografi, tape recorder, filter rokok, dan juga sebagai bahan pembuat membran. Diharapkan dengan pengolahan tandan kosong sawit menjadi selulosa asetat dapat meningkatkan kegunaan dan nilai ekonomi dari tandan kosong kelapa sawit [3].

Pada tahun 2001, Asnetty Maria telah melakukan penelitian dengan bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan menggunakan proses *Emil Heuser* yang menggunakan asam fosfat sebagai pelarut dan asam asetat glacial sebagai acetylating agent dengan melakukan variasi waktu asetilasi dan suhu asetilasi [9]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembuatan selulosa asetat dari pulp TKKS dapat menghasilkan produk dengan kadar asetil 39-41% dengan kondisi optimum waktu asetilasi selama 15 menit pada rentang suhu 30-45°C [1]. Hal

inilah yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian tentang pembuatan selulosa asetat dari alpha selulosa TKKS dengan metode lain yaitu metode *Celanase* dimana hasil penelitian yang diperoleh nantinya akan dibandingkan dengan metode *Emil Heuser* yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

Teori

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah salah satu produk samping (*by-product*) berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Ketersediaan tandan kosong kelapa sawit cukup signifikan bila ditinjau berdasarkan rerata nisbah produksi tandan kosong kelapa sawit terhadap total jumlah tandan buah segar TBS yang diproses. Rerata produksi tandan kosong kelapa sawit adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar yang diproses di Pabrik Kelapa Sawit [2]. Sebagai contoh dapat kita lihat pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sifat Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sifat kimia dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan tabel 1 tersebut, dapat dibayangkan bahwa sebenarnya tandan kosong kelapa sawit adalah kumpulan jutaan serat organik yang dapat dimanfaatkan dalam dunia industry [5].

Selulosa Asetat

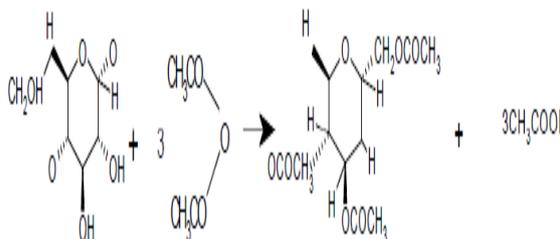
Selulosa asetat adalah selulosa yang gugus hidroksilnya diganti oleh gugus asetil berbentuk padatan putih, tak beracun, tak berasa, dan tak berbau [12]. Selulosa asetat mempunyai nilai komersial yang cukup tinggi karena selulosa asetat memiliki beberapa keunggulan diantaranya karakteristik fisik dan 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 [10]. Di samping itu selulosa asetat

mempunyai daya tarik yang cukup tinggi karena sifatnya yang *biodegradable* sehingga ramah lingkungan.

Tabel 1. Komposisi Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit

No.	Komposisi Kimia	Komposisi (%)
1	Lignin	22,60
2	Pentosan	25,90
3	α- selulosa	45,80
4	Holosekulosa	71,88
5	Abu	1,6
6	Pektin	12,85
7	Kelarutan dalam:	
	1% NaOH	19,50
	Air dingin	13,89
	Air panas	2,50
	Alkohol-benzen	4,20

Pada saat ini, ester-ester organik jauh lebih penting. Adanya gugus hidroksil pada selulosa memungkinkan pembuatan selulosa ester dari berbagai macam asam organik maupun anorganik. Reaksi esterifikasi selulosa menjadi selulosa asetat secara umum dapat dilihat pada gambar 2 ini:



Gambar 2. Reaksi Umum Pembentukan Selulosa Asetat

Faktor – faktor mempengaruhi reaksi asetilasi [6]:

- a. Suhu

Suhu tinggi dapat menyebabkan selulosa dan selulosa asetat terdegradasi sehingga mengakibatkan yield produk turun.
- b. Waktu asetilasi

Waktu asetilasi yang panjang dapat menyebabkan selulosa dan selulosa asetat terdegradasi sehingga yield produk menjadi kecil.
- c. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan yang tinggi akan memperbesar perpindahan massa sehingga semakin memperbesar kecepatan reaksi sehingga yield yang dihasilkan akan meningkat.
- d. Jumlah asam asetat

Jumlah reaktan yang besar akan memperbesar kemungkinan tumbukan antar reaktan sehingga mempengaruhi kecepatan reaksi asetilasi

e. Jumlah pelarut

Jumlah pelarut akan mempengaruhi homogenitas dari larutan tetapi jika jumlahnya terlalu besar akan mengurangi kemungkinan tumbukan antar reaktan (memperkecil konsentrasi reaktan) sehingga akan memperkecil yield dari produk.

Klasifikasi Selulosa Asetat

Berdasarkan derajat substitusinya selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Selulosa monoasetat dengan derajat substitusi (DS) $0 < DS < 2$ larut dalam aseton.
2. Selulosa diasetat dengan derajat substitusi (DS) 2,0 – 2,8 dengan kandungan % asetilnya 35 – 43,5 %.
3. Selulosa triasetat dengan derajat substitusi (DS) 2,8 – 3,5 mempunyai kandungan asetil 43,5 – 44,8 %.

Derajat substitusi selulosa asetat adalah 0 – 3,5 dan meningkatnya derajat substitusi akan meningkatkan titik leleh dari selulosa asetat [11]. Titik leleh dari selulosa asetat adalah 170 – 240 °C [8].

Kegunaan Selulosa Asetat

Selulosa asetat sebagai bahan yang penting digunakan selama Perang Dunia I sebagai bahan pelapis sayap pesawat terbang menggantikan selulosa nitrat yang mudah terbakar. Setelah PD I, penggunaan selulosa asetat semakin luas dalam bidang fotografi, X-ray film dan pencetakan plastik. Sifat kejernihan yang baik dan mudah di dalam prosesnya menyebabkan selulosa asetat film digunakan secara luas dalam *packing*. Selulosa asetat juga merupakan bahan termoplastik yang pertama yang digunakan untuk *injection molding*. Selulosa asetat viskositas rendah digunakan dalam pabrik cat dan juga sebagai bahan pelapisan untuk kertas, logam, gelas dan bahan lain serta dapat digunakan sebagai perekat untuk film topografi [4]. Adapun kandungan asetil dalam selulosa asetat dan kegunaannya dapat dilihat pada tabel 2.

Berkaitan dengan teknologi membran yang semakin berkembang, penggunaan selulosa asetat juga mempunyai peranan yang penting. Selulosa asetat yang strukturnya berpori dan rapat, merupakan bahan pembuat membran yang digunakan dalam *reverse osmosis* untuk memurnikan air, pemekatan *juice* dan juga untuk membran desalinasi. Sifat membran yang dibuat dari selulosa asetat adalah tahan terhadap asam ataupun basa. Dalam proses pembuatan membran ini tidak diinginkan adanya selulosa triasetat tapi selulosa asetat sekunder dengan derajat substitusi 2,0 – 2,8.

Oleh karena itu maka pada penelitian ini difokuskan kepada pembuatan selulosa diasetat.

Tabel 2. Kandungan asetil dalam selulosa asetat dan kegunaannya [7]

Kandungan asetil (%)	Derajat substitusi	Pelarut yang lazim	Penggunaan
13 – 18,6	0,6 – 0,9	Air	-
22,2 – 32,2	1,2 – 1,9	2-metoksi-etanol	Plastik, Cat laker
36,5 – 42,2	2,0 – 2,8	Aseton	Benang, Film topografi, membrane
43 – 44,8	2,8 – 3,9	Kloroform	Kain, Pembungkus benang

Metodologi Penelitian

Bahan baku yang digunakan adalah α -selulosa ((C₆H₁₀O₅)_n) tandan kosong kelapa sawit (TKKS). adapun bahan baku yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 2 gr α -selulosa ((C₆H₁₀O₅)_n) tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang telah dihaluskan dengan blender. kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dirangkai dengan *hot plate stirrer magnetik* (reaktor tangki berpengaduk), lalu 50 ml asam asetat glacial ditambahkan kedalam labu leher tiga dan stirrer dihidupkan sehingga campuran ini teraduk hingga *uniform*, proses pengadukan berlangsung selama 3 jam. kemudian ditambahkan asam asetat anhidrat (reaktan) sebanyak 15 ml dan katalis asam sulfat pekat sebanyak 3 tetes, dengan variasi suhu 25⁰C dan waktu (2; 2,5; 3; dan 3,5)jam. Setelah itu ditambahkan aquadest sebanyak 2 ml dan asam asetat glacial sebanyak 5 ml ditambahkan kedalam larutan, reaksi ini berlangsung selama 30 menit. lalu Ditambahkan sodium asetat sebanyak 1 gr ke dalam larutan dan ditunggu proses selama 5 menit. Kemudian dicuci dengan air ledeng untuk membuang bau asam asetat, setelah itu direndam dalam metanol selama 10 menit. Kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50⁰C serta digerus dan diayak. Kemudian dilakukan analisa derajat Substitusi (DS), analisa FT-IR dan analisa melting point.

Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil dari penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

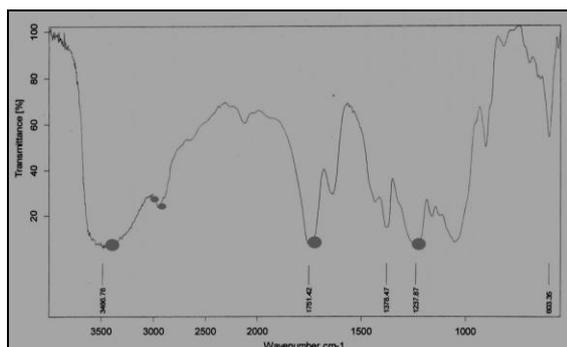
Tabel 3. hasil percobaan

Suhu (°C)	Waktu Asetilasi (Jam)	Meling Point (°C)	Derajat Substitusi	% Asetil	Volume HCl (ml)	Volume Blangko (ml)	N HCl
25	2	170	1,387	27,092	20,5	21,5	0,5
25	2,5	200	1,680	31,080	20,2	21,4	0,5
25	3,	162	1,323	26,149	20,5	21,5	0,5
25	3,5	160	1,110	22,898	24,1	25,1	0,4

Karakteristik Material Selulosa Asetat dengan Analisa FT – IR

Salah satu cara analisa untuk mengetahui keberhasilan dari reaksi asetilasi adalah dengan mengidentifikasi perubahan gugus fungsi setelah penambahan gugus asetil. Analisa ini dilakukan dengan alat FT-IR yang mampu mengidentifikasi serapan-serapan khas untuk masing-masing gugus fungsi yang terkandung dalam sampel.

Berikut ini beberapa grafik hasil analisa gugus fungsi produk selulosa asetat dengan menggunakan alat FT-IR .

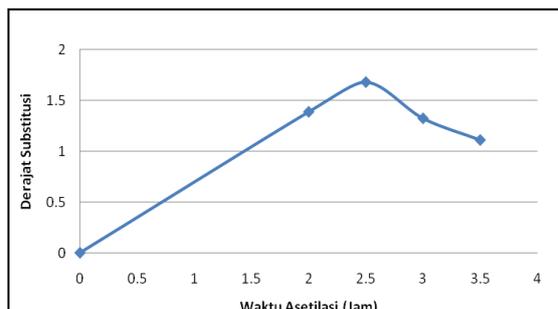


Gambar 3. Hasil analisa FT-IR produk selulosa asetat

Dari gambar 3 dapat kita lihat bahwa reaksi asetilasi yang terjadi berhasil. Seluruh gugus fungsi teori dapat dilihat pada serapan gelombang pada grafik hasil analisa FT-IR di atas, yaitu serapan pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} untuk regang OH, 2950 cm^{-1} untuk regang CH_3 asimetrik, 2860 cm^{-1} untuk regang CH_3 simetrik, 1750 cm^{-1} untuk regang C=O dan regang C-C-O asetat menimbulkan serapan pada 1235 cm^{-1} [13].

Pengaruh Waktu terhadap Derajat Substitusi Produk Selulosa Asetat

Berikut ini grafik derajat substitusi selulosa asetat yang diperoleh dari penelitian dengan beberapa variasi waktu asetilasi.



Gambar 4. Pengaruh Waktu terhadap Derajat Substitusi

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa, derajat substitusi selulosa asetat meningkat dengan peningkatan waktu asetilasi, hingga mencapai maksimum pada waktu asetilasi 2,5 jam. Peningkatan waktu asetilasi yang lebih lanjut menyebabkan terjadinya penurunan derajat substitusi. Hal ini disebabkan oleh terdegradasinya selulosa dan selulosa asetat.

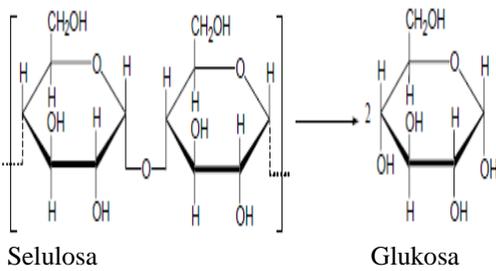
Hal ini telah sesuai dengan teori dimana semakin lama waktu reaksi asetilasi maka besarnya kandungan asetil yang dimiliki selulosa asetat hasil sintesa akan semakin berkurang. Hal ini dijelaskan bahwa pada waktu asetilasi yang semakin lama, degradasi selulosa dan selulosa asetat yang terjadi akan semakin besar [6]. Pengadukan berlangsung konstan 50 rpm sementara suhu reaksi dijaga pada 25°C , keadaan ini memungkinkan terjadinya degradasi selulosa asetat yang telah terbentuk. Selain itu tahapan hidrolisis yang menghasilkan panas ekstrim (dapat menaikkan suhu hingga $\pm 150^\circ\text{C}$) juga menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan selulosa asetat yang telah terbentuk kembali terdegradasi. reaksi degradasi dapat dilihat pada gambar 5.

Berdasarkan derajat substitusinya selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

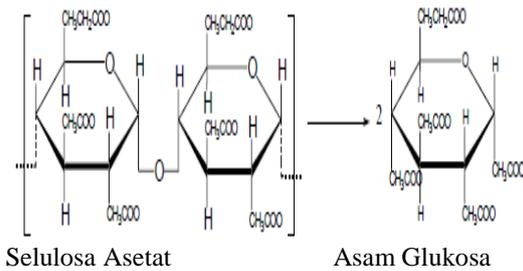
- Selulosa monoasetat dengan derajat substitusi (DS) $0 < \text{DS} < 2$ larut dalam aseton.
- Selulosa diasetat dengan derajat substitusi (DS) $2,0 - 2,8$ dengan kandungan % asetilnya $35 - 43,5\%$.
- Selulosa triasetat dengan derajat substitusi (DS) $2,8 - 3,5$ mempunyai kandungan asetil $43,5 - 44,8\%$ [11].

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa tidak ada terbentuk selulosa diasetat. Produk dari keseluruhan reaksi adalah selulosa monoasetat dengan derajat substitusi 1,387; 1,680; 1,323 dan 1,110. Penurunan derajat substitusi yang terjadi pada waktu reaksi 3 jam dapat dilihat pada gambar 6, yaitu grafik perbandingan hasil analisa FT-IR.

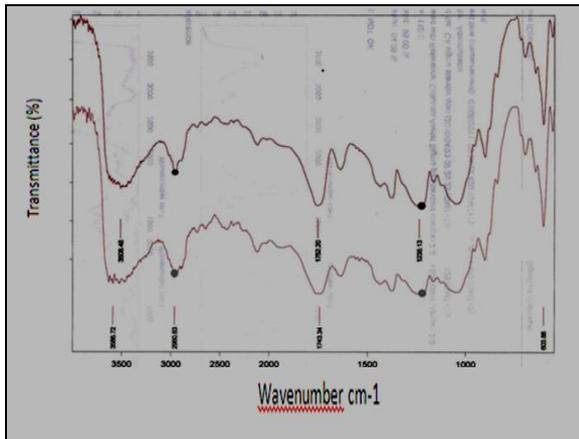
Degradasi selulosa.



Degradasi selulosa asetat.



Gambar 5. Degradasi Selulosa dan Selulosa Asetat

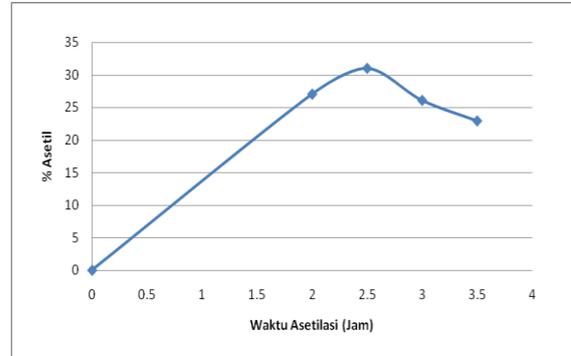


Gambar 6. Perbandingan hasil analisa FT- IR selulosa asetat pada waktu asetilasi 2,5 jam dan waktu asetilasi 3 jam suhu 25°C

Dari gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan serapan pada bilangan gelombang 2950 cm^{-1} untuk regang CH_3 dan regang C-C-O asetat pada 1235 cm^{-1} . Hal ini mendukung pada pembahasan sebelumnya yaitu terjadinya degradasi selulosa asetat.

Pengaruh Waktu terhadap Persentase Asetil Selulosa Asetat

Berikut ini grafik persentase asetil selulosa asetat yang diperoleh dari percobaan dengan beberapa variasi waktu asetilasi.



Gambar 7. Pengaruh Waktu terhadap Persentase Asetil Produk Selulosa Asetat

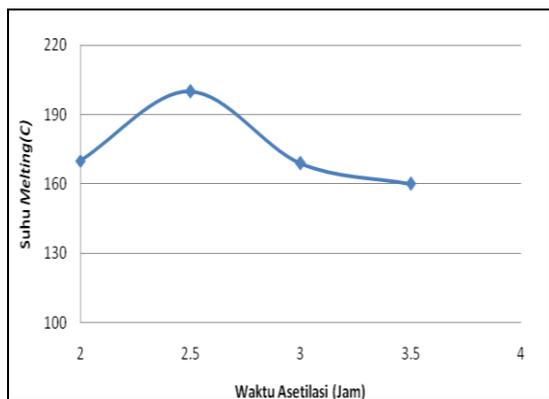
Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa, mula-mula pada waktu asetilasi 0, persentase asetil 0 %; seiring peningkatan waktu asetilasi, persentase asetil meningkat hingga maksimum pada waktu asetilasi 2,5 jam. Kemudian terjadi penurunan persentase asetil untuk peningkatan waktu yang lebih lanjut. Hal ini telah sesuai dengan teori, dimana semakin lama waktu reaksi asetilasi maka besarnya kandungan asetil yang dimiliki selulosa asetat hasil sintesa akan semakin berkurang, dengan kata lain persentase asetil berbanding lurus dengan nilai derajat substitusi [6].

Kecenderungan grafik persentase asetil sama dengan grafik derajat substitusi dikarenakan nilai derajat substitusi berbanding lurus dengan persentase asetil. Berikut rumus matematis derajat substitusi [12] :

$$DS = \frac{162(\frac{\% \text{ Asetil}}{43})}{100 - (\frac{42}{43} \times \% \text{ Asetil})} \dots\dots\dots (1)$$

Pengaruh Waktu dan Suhu Asetilasi terhadap Melting Point Selulosa Asetat

Berikut ini grafik *melting point* selulosa asetat yang dihasilkan reaksi asetilasi dengan suhu reaksi 25°C dari analisa menggunakan alat *Melting Point Apparatus Fisher Johns*.



Gambar 8. Pengaruh waktu terhadap Melting Point Selulosa Asetat Asetilasi

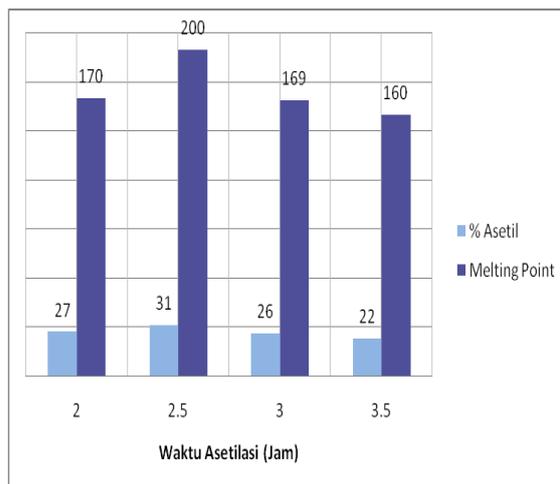
Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa *melting point* selulosa asetat pada waktu asetilasi 2 jam adalah 170 °C, pada waktu asetilasi 2,5 jam meningkat hingga 200 °C, kemudian terjadi penurunan setelah waktu asetilasi 3 jam menjadi 162 °C dan pada waktu asetilasi 3,5 jam menjadi 160 °C.

Titik leleh dari selulosa asetat adalah 170 – 240 °C [8]. Menurut gambar 8, *melting point* selulosa asetat untuk waktu asetilasi 2 dan 2,5 jam telah sesuai dengan teori. Sedangkan *melting point* selulosa asetat untuk waktu asetilasi 3 dan 3,5 jam berada di bawah rentang suhu *melting point* selulosa asetat teori. Hal ini kemungkinan dikarenakan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai titik lebur antara lain: tekanan di atas zat dan ketidakmurnian zat.

Analisa nilai *melting point* selulosa asetat ini dilakukan tidak pada sistem tertutup sehingga memungkinkan adanya perbedaan tekanan di atas zat pada setiap pengukuran. Begitu juga dengan kemurnian zat, tahapan pencucian dan penyaringan pada penelitian ini hanya menggunakan indikator bau, yaitu ketika tidak ada lagi bau asam asetat. Maka pencucian dihentikan. Oleh karena itu tidak dapat dijamin bahwa tidak ada lagi asam asetat dan methanol sisa dalam produk selulosa asetat. Dari gambar 8 dapat dilihat hubungan antara waktu dengan *melting point* selulosa asetat, dimana *melting point* meningkat seiring dengan peningkatan waktu asetilasi hingga maksimal pada waktu 2,5 jam. Kemudian *melting point* selulosa asetat menurun seiring bertambahnya waktu asetilasi.

Pengaruh Persentase Asetil terhadap Melting Point Selulosa Asetat

Berikut ini grafik perbandingan persentase asetil dengan *melting point* selulosa asetat yang dihasilkan reaksi asetilasi.



Gambar 9. Pengaruh persentase asetil terhadap Melting Point selulosa asetat pada suhu asetilasi 25 °C

Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa peningkatan dan penurunan nilai *melting point* selulosa asetat sebanding dengan peningkatan dan penurunan nilai persentase asetil selulosa asetat.

Secara teori semakin meningkat derajat substitusi ataupun persentase asetil selulosa asetat maka titik leleh dari selulosa asetat tersebut juga akan meningkat, begitu juga sebaliknya [11]. Hal ini dapat dijelaskan karena ketahanan terhadap panas selulosa asetat lebih tinggi dari pada selulosa, sehingga semakin banyak gugus asetil yang disubstitusikan terhadap gugus hidroksil selulosa maka *melting point* bahan tersebut akan semakin tinggi.

Kesimpulan

Berdasarkan data-data dan pembahasan yang telah diberikan maka pembuatan selulosa asetat dari pulp TKKS dengan menghasilkan produk dengan kadar asetilnya 18-48 % dengan kondisi optimum waktu asetilasi selama 2-3,5 jam. derajat substitusi yang dihasilkan pada produk selulosa asetat dari pulp tanda kosong kelapa sawit (TKKS) dengan menggunakan proses cellanase sebesar 0,833-3,730, selulosa asetat yang terbentuk pada penelitian ini adalah selulosa triasetat, selulosa diasetat, dan selulosa monoasetat hal ini digolongkan oleh nilai derajat substitusi (DS) yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

1. Anonim 1a ,<http://buletinlitbang@dephan.go.id>, Pemanfaatan serat rami untuk pembuatan selulosa,(Diakses pada 3 November 2011).
2. Anonim 1b , <http://edconopaintoa.blogspot.com>, Selulosa, (Diakses pada 11 Agustus 2011).

3. Anonim 1c, <http://www.metrotvnews.com>, Industry sawit nasional juara dunia, (Diakses pada 11 Agustus 2011).
4. Anonim 1d, <http://www.scribd.com>, Selulosa asetat, (Diakses pada 11 Agustus 2011).
5. Anonim 1e, <http://dedidoank.files.com>, Tinjauan fungsi fisik aplikasi tandan kosong kelapa sawit, (Diakses pada 16 September 2011)
6. Asnetty, Pengembangan Proses Pembuatan Selulosa Asetat dari Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit Proses Etanol, Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik kimia, ITS, Surabaya, 2007.
7. Fengel, Dietrich. Kimia Kayu, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi, Gajah Mada University Press, Yogyakarta 1955.
8. Harrison et al, *Melting Point* untuk Selulosa Asetat, [http:// google.com/ melting point selulosa asetat PDF](http://google.com/melting_point_selulosa_asetat_PDF), (Diakses pada 11 Agustus 2011).
9. Heuser, Emil, Acetylation of Cellulosa in Phosphoric Acid, *Industrial and Engineering Chemistry*, Vol 40, New York, 1948.
10. Kiyose, U,S Patent No, 5990304 dan Levenspiel, *Industrial and Engineering Chemistry* (IEC), vol. 40, (1500), New York, 1998.
11. Misdawati, Selulosa Asetat, [http:// google.com/ selulosa asetat PDF](http://google.com/selulosa_asetat_PDF), (Diakses pada 11 Agustus 2011).
12. SNI 0444: 2009, [http:// bsn@bsn.or.id/ Pulp](http://bsn@bsn.or.id/Pulp) Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma, (Diakses pada 3 November 2011).
13. Yang, gugus fungsi asetilasi selulosa asetat, [http:// google.com/ FTIR](http://google.com/FTIR), (Diakses pada 11 Agustus 2011).