

## Pemanfaatan $\alpha$ -Selulosa *Fiber Cake* Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Bahan Baku Nitroselulosa

Reni Novitasari Putri<sup>\*1</sup>, Robert Junaidi<sup>2</sup>, Mustain<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>renisari91@gmail.com

### Abstrak

Serabut kelapa sawit (*fiber cake*) adalah salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. *Fiber cake* merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat dengan komponen utama selulosa sebesar 59,6%. Dengan kadar selulosa yang tinggi, *fiber cake* kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa. Percobaan ini bertujuan untuk menghasilkan nitroselulosa dari  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit yang memiliki *yield* produk dan kadar nitrogen yang tinggi dengan waktu yang singkat. Percobaan dilakukan dengan tiga tahapan proses yaitu tahap *pre-treatment*  $\alpha$ -selulosa, tahap pembuatan nitroselulosa dengan proses nitration dan tahap analisis nitroselulosa. Konversi  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit menjadi nitroselulosa dilakukan dengan variasi asam penitrasi dengan perbandingan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% dengan HNO<sub>3</sub> 70% sebesar 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5, waktu reaksi pada proses nitration selama 30 dan 40 menit serta variasi suhu proses nitration 10-15°C dan 15-20°C. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kondisi optimal proses pembuatan nitroselulosa dari *fiber cake* kelapa sawit dicapai pada rasio asam penitrasi sebesar 1:1 dengan suhu nitration 15-20°C dan waktu nitration selama 40 menit. Pada kondisi ini diperoleh *yield* sebesar 95,0% dengan kadar nitrogen sebesar 9,9%.

**Kata kunci:** *fiber cake*, nitroselulosa, reaksi nitration

## Utilization Of $\alpha$ -Cellulose From Oil Palm Fiber Cake As A Raw Material For Nitrocellulose

### Abstract

*Fiber cake* is one of the largest wastes produced in the palm oil processing process. *Fiber cake* is lignocellulosic biomass in the form of fiber with the main component cellulose of 59,6%. With high cellulose content, *fiber cake* palm oil can be used as a raw material for the manufacture of nitrocellulose. This experiment aims to produce nitrocellulose from *fiber cake* palm oil which has high yield product and high nitrogen content. The experiment was carried out in three stages, the stage the *pre-treatment* of  $\alpha$ -cellulose, the stage of making nitrocellulose through the nitration process and the analysis stage of the nitrocellulose product. The conversion of  $\alpha$ -cellulose *fiber cake* into nitrocellulose was carried out by varying the acid nitrate with a ratio of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% with HNO<sub>3</sub> 70% at 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 and 1:5, The reaction is in the nitration process for 30 and 40 minutes and the variation of the nitration process temperature is 10-15°C and 15-20°C. From the results of the study it is known that the optimal conditions for the process of making nitrocellulose from *fiber cake* palm oil are achieved at a nitrating acid ratio of 1 :1 with a nitration temperature of 15-20°C and a nitration time of 40 minutes. In this condition, yield of 95,0% was obtained with nitrogen content of 9,9%.

**Keywords:** *fiber cake*, nitrocellulose, reaction nitration

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan, penyebaran hampir di seluruh pulau di Indonesia termasuk Sumatera. Pabrik kelapa sawit sebagai industri penghasil CPO masih sarat dengan residu pengolahan dan hanya menghasilkan 25-30% produk utama yaitu 20-23% CPO dan 5-7% inti sawit (kernel), sementara sisanya berupa limbah [1]. Sabut kelapa sawit (*fiber cake*) merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit [2].

Sabut kelapa sawit (*fiber cake*) merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat dengan komponen utama selulosa 59,6%, lignin 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, abu 5,6% dan impurities 8%. Kandungan selulosa yang tinggi pada *fiber cake* perlu dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang lebih bermanfaat seperti

penggunaan *fiber cake* sebagai bahan baku selulosa untuk memproduksi nitroselulosa dengan menggunakan reaksi nitrasi [3].

Nitroselulosa dibuat dengan proses nitrasi terhadap selulosa menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat. Kadar nitroselulosa tinggi dapat diperoleh dari bahan baku yang memiliki kandungan selulosa khususnya  $\alpha$ -Selulosa [3]. Nitroselulosa dibuat dengan reaksi selulosa yaitu proses substitusi (penggantian) gugus  $-OH$  dengan gugus  $-ONO_2$ . Di dalam industri, nitroselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik, *lacquer* (bahan pelapis), *film*, bahan baku propelan (peledak) dan *smokless powder* [4].

Produksi nitroselulosa dipengaruhi oleh waktu reaksi, suhu reaksi dan komposisi larutan asam pada proses nitrasi [3]. Diketahui *yield* produk nitroselulosa dengan kadar nitrogen yang optimum adalah nitroselulosa yang dihasilkan dari penelitian Purnawan yaitu sebesar 151,22% dengan kadar nitrogen 13,39%. Hasil ini sudah cukup baik karena *yield* produk yang dihasilkan tinggi dan kadar nitrogennya juga sudah mendekati kandungan nitrogen maksimum teoritis sebesar 14,14%, namun pada penelitian tersebut, Purnawan menggunakan larutan  $HNO_3$  dengan konsentrasi 100%, yang mana  $HNO_3$  100% memiliki harga yang cukup mahal dan memerlukan perizinan khusus dari Negara [5], selain itu juga suhu proses nitrasi ditetapkan pada suhu  $30 \pm 2^\circ C$  dengan waktu proses nitrasi yang terlampaui lama yaitu 1,5 jam. Untuk itu dilakukan penelitian pembuatan nitroselulosa dari  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit yang bertujuan untuk mendapatkan nitroselulosa yang memiliki *yield* produk dan kandungan nitrogen yang meningkat dengan melakukan pengaturan variasi asam penitrasi  $H_2SO_4$  98% terhadap  $HNO_3$  70% (1:1 – 1:5), lama waktu nitrasi (30 dan 40) menit dan suhu pada proses nitrasi ( $10 - 15^\circ C$  dan  $15 - 20^\circ C$ ). Penggunaan larutan  $HNO_3$  dengan konsentrasi 70% didasarkan pada nilai keekonomisan bahan baku karena larutan  $HNO_3$  70% memiliki harga yang tidak terlalu mahal dan dalam penggunaannya tidak memerlukan perizinan khusus dari Negara sedangkan untuk rasio  $H_2SO_4$  98% terhadap  $HNO_3$  70% dilakukan variasi guna menentukan rasio optimalnya. Penggunaan suhu  $30 \pm 2^\circ C$  masih terlalu tinggi untuk proses nitrasi yang merupakan reaksi eksoterm sehingga suhu nitrasi dapat diturunkan. Proses nitrasi dilakukan pada suhu rendah karena reaksi pembuatan nitroselulosa merupakan reaksi eksoterm maka produk akan semakin banyak jika dilakukan pada suhu yang rendah [6]. Dengan menurunkan suhu nitrasi maka dapat mempercepat laju reaksi pembentukan nitroselulosa, dengan meningkatnya laju reaksi maka waktu proses nitrasi dapat dipercepat dan diharapkan nitroselulosa yang dihasilkan memiliki kandungan nitrogen yang tinggi.

### 1.1. Fiber Cake Kelapa Sawit

*Fiber cake* diperoleh dari proses pengempaan yang dilakukan di stasiun kempa. Mesocarp kelapa sawit mengalami pengempaan dan pencacahan di *cake breaker conveyer* (CBC) kemudian di hisap menggunakan alat depericarper untuk memisahkan *fiber cake* dengan cangkang kelapa sawit. *Fiber cake* dibawa dan ditampung di *fiber cyclone*. *Fiber cake* biasanya pada industri pengolahan kelapa sawit digunakan sebagai bahan bakar boiler. *Fiber cake* kelapa sawit mempunyai potensi yang cukup tinggi untuk dikembangkan menjadi sumber bahan baku pembuatan nitroselulosa karena kadar selulosanya yang cukup tinggi.

### 1.2. Selulosa

Selulosa merupakan biopolimer yang berlimpah di alam, dapat diperbaharui, mudah terurai, dan juga non toksik. Secara Alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Lignin membungkus selulosa oleh karena itu untuk tahap ekstraksi serat, lignin perlu dilarutkan terlebih dahulu. Pelarutan lignin ini menghasilkan bahan yang hanya mengandung serat selulosa dan hemiselulosa. Selulosa dapat dibedakan berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida 17,5% yaitu *Alpha cellulose* ( $\alpha$ -selulosa), *Beta cellulose* ( $\beta$ -selulosa) dan *Gamma cellulose* ( $\gamma$ -Selulosa) [7].

### 1.3. Alpa Selulosa

*Alpha cellulose* ( $\alpha$ -selulosa) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan natrium hidroksida 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500.  $\alpha$ -selulosa dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa. Kemurnian selulosa sering dinyatakan melalui parameter  $\alpha$ -selulosa. Biasanya semakin tinggi kadar  $\alpha$ -selulosa, maka semakin baik mutu bahannya. Dalam pengambilan  $\alpha$ -selulosa faktor terpenting adalah proses pengurangan atau penghilangan lignin yang disebut dengan proses delignifikasi. Proses delignifikasi dipengaruhi kondisi pemasakan meliputi konsentrasi larutan pemasak, suhu, tekanan dan waktu pemanasan [8].

### 1.4. Nitroselulosa

Nitroselulosa atau yang juga dikenal sebagai “selulosa nitrat”, “*collodion wool*”, “*guncotton*”, “*iodion*

*cotton*", *pyroxylin*", *colloxylin*", *xyloidin*", *celloidin*", *parlodion*", merupakan produk yang penggunaannya banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Nitroselulosa dibuat dengan nitrasi terhadap selulosa menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan air. Nitroselulosa dibuat dengan reaksi selulosa yaitu proses substitusi (penggantian) gugus -OH dengan gugus -ONO<sub>2</sub> [4].

### 1.5. Reaksi Nitrasi

Reaksi nitrasi adalah masuknya gugus nitro ke dalam zat-zat organik atau kimia lainnya dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat. Nitrasi adalah reaksi yang irreversible yang tergantung dari keasaman medium yang digunakan. Campuran asam nitrat dan asam sulfat lebih disukai untuk digunakan karena menghasilkan keasaman yang sesuai atau yang diinginkan reaksi untuk menghasilkan nitroselulosa. Reaksi nitrasi selulosa diawali dengan pembentukan ion nitronium yang dikatalisis oleh adanya asam sulfat. Ion nitronium ini berperan sebagai elektrofilik pada reaksi nitrasi. Kemudian, terjadi serangan nukleofilik dari atom oksigen gugus hidroksil selulosa terhadap atom nitrogen ion nitronium membentuk nitroselulosa terprotonasi [9].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 6 (Enam) minggu dimulai pada minggu keempat bulan Mei 2021 dan bertempat di Laboratorium Satuan Proses dan Kimia Fisika Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Adapun tahapan penelitian meliputi proses *pretreatment* bahan baku, proses nitrasi pembuatan nitroselulosa dan proses analisa hasil percobaan.

### 2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor nitrasi (labu leher 3), pengaduk, kondensor, desikator, kertas saring whatman, termometer, soxhlet, dan peralatan kaca laboratorium.

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fiber cake* kelapa sawit, asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) 70%, asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 98%, natrium hidroksida (NaOH) 5%, NaOH 17,5%, NaOH 8,3%, Natrium bikarbonat, Reagen ACR012, kalium dikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 0,5 N, indikator ferroin, dan ferrous ammonium sulfat (Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0,1 N.

### 2.3. Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah Massa  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit 5 gram, kecepatan pengadukan 165 rpm dan volume asam penitrasi 100 ml. Variabel bebas penelitian ini adalah rasio asam penitrasi (1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 1:5), Waktu reaksi (30 dan 40 menit), dan suhu reaksi (10-15°C dan 15-20°C).

### 2.4. Pre-treatment $\alpha$ -Selulosa

Proses *Pre-treatment*  $\alpha$ -Selulosa terdiri dari tiga tahapan yaitu proses delignifikasi, *bleaching* dan isolasi  $\alpha$ -Selulosa. Proses delignifikasi pada *fiber cake* bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin sehingga diperoleh selulosa yang memiliki kadar lignin yang rendah. Delignifikasi dilakukan menggunakan larutan NaOH 5% dengan suhu 100°C selama 2 jam sambil melakukan pengadukan. Kemudian sampel dicuci dan dikering dengan oven pada suhu 105°C. Setelah proses hidrolisis selesai dilanjutkan dengan proses *bleaching*. Proses *bleaching* bertujuan untuk mengubah warna selulosa menjadi putih dan untuk menghilangkan sisa kandungan lignin dari proses delignifikasi. Proses *bleaching* menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10% pada suhu 90°C selama 90 menit (Rasio selulosa dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah 1:10).. Kemudian dilanjutkan dengan proses isolasi  $\alpha$ -selulosa dengan merendam selulosa menggunakan NaOH 17,5% pada suhu  $\pm$ 10°C. kemudian larutan NaOH 8,3% dan CH<sub>3</sub>COOH 10% (Rasio selulosa dan NaOH adalah 1:10). Selanjutnya residu dicuci hingga pH netral dan dikeringkan pada suhu 105°C.

### 2.5. Proses Nitrasi

Proses nitrasi dilakukan menggunakan campuran asam penitrasi HNO<sub>3</sub> 70% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% dengan variasi rasio asam penitrasi dalam reaktor nitrasi untuk mendapatkan nitroselulosa. Kondisi nitrasi adalah temperatur pada 10-15 dan 15-20 °C serta waktu 30 dan 40 menit. Perbandingan  $\alpha$ -selulosa yang digunakan adalah 5 gram selulosa : 100 ml rasio asam penitrasi, dengan kecepatan pengadukan 165 rpm. Selulosa pelepah sawit dan reagen penitrasi dimasukkan ke dalam reaktor dan dibiarkan bereaksi selama variasi waktu reaksi. Nitroselulosa hasil reaksi dicuci dengan air dan bikarbonat, kemudian dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian kadar nitrogen.

## 2.6. Tahap Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengetahui kualitas nitroselulosa *fiber cake* kelapa sawit yang dihasilkan. Analisis yang dilakukan pada percobaan meliputi: Analisis kadar  $\alpha$ -selulosa bahan baku, analisis kadar air bahan baku, analisis *yield* produk dan analisis kadar nitrogen dengan alat Spektrofotometer Uv-Vis

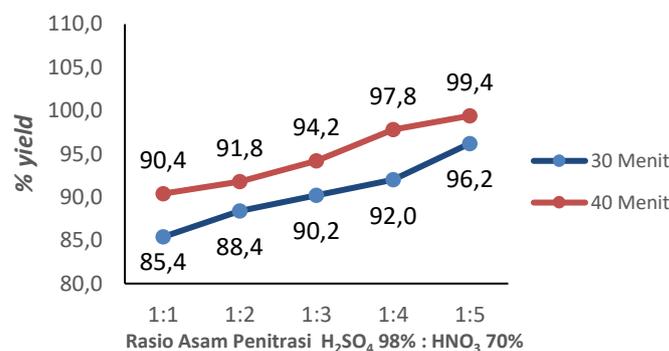
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Analisis Bahan Baku

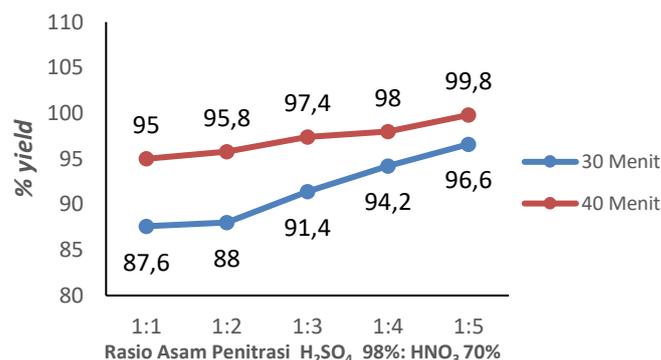
Analisis bahan baku meliputi uji organoleptik, kadar air dan kadar  $\alpha$ -selulosa. Analisis kadar air dilakukan menurut SNI 08-7070-2005 dan untuk analisis kadar  $\alpha$ -selulosa dilakukan menurut SNI 0444:2009. Hasil analisis kadar air dalam bahan baku pada penelitian ini adalah 9,5%. Untuk mencapai kondisi yang optimum pada saat nitrasi, kadar air dalam bahan baku diusahakan tidak melebihi 10%, karena dapat mempengaruhi kesetimbangan reaksi (Setiadi dkk., 2017), sedangkan hasil analisis  $\alpha$ -selulosa diperoleh 81,73% artinya masih terkandung senyawa lain seperti lignin dan hemiselulosa pada  $\alpha$ -selulosa.

### 3.2. Analisis Yield Nitroselulosa

Analisis *yield* produk dilakukan dengan menimbang hasil produk nitroselulosa kering [5]. Hasil analisis *yield* produk dan kadar nitrogen berdasarkan pengaruh rasio asam penitrasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh rasio asam penitrasi terhadap *yield* nitroselulosa variasi suhu 10-15°C



Gambar 2. Pengaruh rasio asam penitrasi terhadap *yield* nitroselulosa variasi suhu 15-20°C

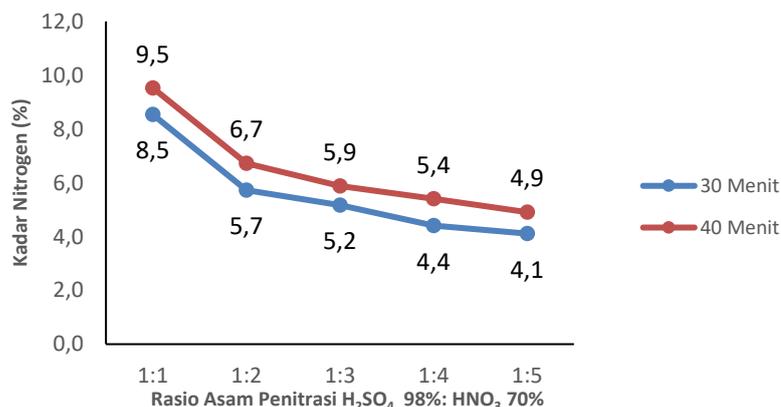
Berdasarkan gambar terlihat bahwa semakin besar rasio asam sulfat terhadap asam nitrat maka *yield* produk akan semakin menurun. Hal ini disebabkan Jika  $H_2SO_4$  berlebihan maka  $H_2SO_4$  akan mendestruksi sebagian selulosa sehingga selulosa yang bereaksi menjadi lebih kecil demikian pula dengan semakin besar jumlah  $HNO_3$  maka reaksi akan bergeser ke arah pembentukan produk [4].

Pada percobaan ini, *yield* produk terbesar didapatkan pada waktu 40 menit, dengan demikian maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk nitrasi, *yield* produk yang dihasilkan akan semakin besar atau bertambah, hal ini disebabkan selulosa merupakan rantai polimer yang panjang, sehingga semakin lama waktu reaksi nitrasi akan semakin banyak pula gugus hidroksil (-OH) yang tersubstitusi oleh iom nitrinium (-NO<sub>2</sub>). Semakin banyak gugus hidroksil yang tersubstitusi, maka nilai *yield* nitroselulosa akan semakin besar [10]. Sedangkan untuk pengaruh

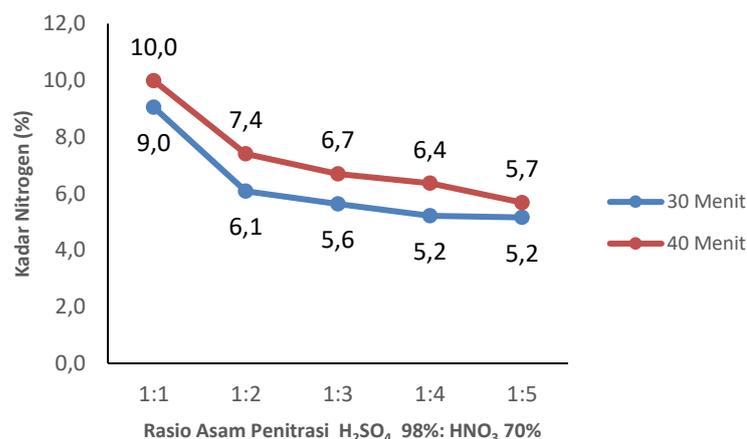
suhu dalam proses nitration penelitian ini diperoleh *yield* produk terbesar didapatkan pada perlakuan proses nitration dengan variasi suhu 15-20°C. Namun nilai *yield* nitroselulosa *fiber cake* kelapa sawit hasil penelitian ini tidak terlalu jauh berbeda dengan nilai *yield* yang dihasilkan pada variasi suhu 10-15°C.

### 3.3. Analisis Kadar Nitrogen

Grafik pengaruh rasio asam penitrasi terhadap kadar nitrogen pada nitroselulosa *fiber cake* kelapa sawit hasil penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh rasio asam penitrasi terhadap kadar nitrogen nitroselulosa variasi suhu 10-15°C



Gambar 4. Pengaruh rasio asam penitrasi terhadap kadar nitrogen nitroselulosa variasi suhu 15-20°C

Dari grafik diketahui bahwa semakin besar rasio asam sulfat terhadap asam nitrat maka kadar nitrogen pada nitroselulosa akan semakin besar. Hal ini dikarenakan penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selain sebagai katalis dalam proses nitration juga sebagai *dehydrating agent* yang berfungsi sebagai pengikat air yang terbentuk pada reaksi nitration. Jika konsentrasi asam sulfat dalam campuran penitrasi sedikit maka akan semakin banyak air yang tidak terikat, hal ini akan menghambat substitusi gugus -OH oleh gugus NO<sub>2</sub>. Sebaliknya, jika jumlah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> semakin besar yaitu seperti pada rasio asam penitrasi 1:1, maka H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai katalis dapat menurunkan energi aktivasi yang secara langsung dapat mempercepat laju reaksi, sehingga kadar nitrogen pada nitroselulosa akan semakin tinggi. Asam sulfat sebagai katalis dapat menurunkan energi aktivasi yang secara langsung dapat mempercepat laju reaksi, sehingga kadar nitrogen pada nitroselulosa akan semakin tinggi [11].

Pada percobaan ini, nitroselulosa dengan kadar nitrogen terbesar diperoleh pada suhu 15-20°C. Proses nitration dilakukan pada suhu rendah karena reaksi pembuatan nitroselulosa merupakan reaksi eksoterm maka produk akan semakin banyak jika dilakukan pada suhu yang rendah, dengan menurunkan suhu nitration maka dapat mempercepat laju reaksi pembentukan nitroselulosa, namun suhu yang terlalu rendah akan menyebabkan laju reaksi berjalan lambat [6], hal ini sesuai dengan hasil penelitian dimana pada suhu 15-20°C kadar nitrogen mengalami peningkatan dibanding pada suhu 10-15°C, dimana pada suhu ini dihasilkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen yang lebih rendah.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan adalah hasil optimum nitration terhadap  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit menghasilkan nitroselulosa dengan *yield* 95,0% dan kadar nitrogen 9,9%, hasil ini diperoleh dengan perlakuan rasio asam penitrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% :  $\text{HNO}_3$  70% sebesar 1:1 dengan suhu nitration 15-20°C dan waktu nitration selama 40 menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. Naibaho, *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 1998.
- [2] S. P. Wirman, Y. Fitri, dan W. Apriza, "Karakterisasi komposit serat sabut kelapa sawit dengan perekat PVAc sebagai absorber," *J. Online of Physics*, vol. 1, no. 2, pp. 10-15, 2016, doi: 10.22437/jop.v1i2.2917.
- [3] A. F. Zaharol, F. C. Dacosta, dan S. Aritonang, "Kajian beberapa tumbuhan yang digunakan dalam pembuatan bahan baku nitroselulosa propelan," Universitas Pertahanan, Bogor, 2020.
- [4] Setiadi, Y. Mulyadi, dan B. Kusmartono, "Optimasi pembuatan nitroselulosa dari daun nanas dengan proses delignifikasi," Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Yogyakarta, 2017.
- [5] M. F. Farhanudin, dan B. Kusmartono, "Pembuatan nitroselulosa dari tanaman lidah mertua (*sansevieria*)," *J. Inovasi Proses*, vol. 5 no. 1, 2020.
- [6] B. E. Pramundita, I. Tafdhila, Mahfud, dan Rr. P. Prihatini, "Pembuatan nitroselulosa dari kapas (*gossypium sp.*) dan kapuk (*ceiba pentandra*) melalui reaksi nitration," *J. Teknik ITS.*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [7] W. R. Kunusa, "Kajian tentang isolasi selulosa mikrokristalin (SM) dari limbah tongkol jagung," *J. Entropi*, vol. 12, no. 1, pp. 105-108, 2017.
- [8] I. A. Dewi, A. Ihwah, H. Y. Setyawan, A. A. N. Kurniasari, dan A. Ulfah, "Optimasi proses delignifikasi pelepah pisang untuk bahan baku pembuatan kertas seni," Universitas Brawijaya, Malang, 2019.
- [9] E. Mayori, A. Nadia, Sunardi, dan R. O. Bura, " Pengembangan teknologi dan material awal nitroselulosa sebagai isian propelan berbasis limbah kelapa sawit," Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, 2019.
- [10] A. Rahmada, P. Pramodya, P. Prihatini, dan Mahfud, "Pembuatan nitroselulosa dari kapas (*gossypium sp.*) dan jerami (*oryza sativa*) melalui reaksi nitration," *J. Teknik Pomits*, vol. 2 no. 2, 2013.
- [11] F. T. Seta, S. Sugesty, dan T. Kardiansyah, "Pembuatan nitroselulosa dari berbagai pulp larut komersial sebagai bahan baku propelan," Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung, 2014.