

## Sintesis Nitroselulosa dari Limbah Sabut Siwalan (*Borassus Flabellifer*) Sebagai Bahan Baku Propelan

Yoshafat Abia Sudarso<sup>1)\*</sup>, Adiliasari Amanah Setiyono<sup>1)</sup>, Titi Susilowati<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: E-mail: [abia8657@gmail.com](mailto:abia8657@gmail.com)

### Abstrak

*Sabut siwalan mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kandungan selulosa dalam sabut siwalan, memungkinkan dapat diolah menjadi Nitroselulosa. Indonesia saat ini masih mengandalkan impor nitroselulosa untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang industri dan sebagai bahan baku propelan. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh waktu reaksi nitrasi dengan komposisi asam campuran terhadap kadar nitrogen nitroselulosa. Metode Penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu proses pre-treatment dan proses Nitrasi. Proses pre-treatment menggunakan proses delignifikasi dengan larutan NaOH 17,5% pada suhu 108°C selama 60 menit dan dilanjutkan dengan bleaching menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2% pada suhu 100°C selama 90 menit. Proses Nitrasi dilakukan dengan mereaksikan  $\alpha$ -selulosa dengan Asam campuran (HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan mengkondisikan reaktor sesuai dengan variabel komposisi asam campuran dan waktu, langkah selanjutnya mencuci nitroselulosa dengan NaHCO<sub>3</sub> dan aquadest. Kualitas Nitroselulosa yang dihasilkan di uji kadar nitrogennya dengan metode kjeldahl-spektrofotometri dan Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) untuk melihat gugus (-NO<sub>2</sub>) yang tersubstitusi. Hasil  $\alpha$ -selulosa sabut siwalan setelah proses pre-treatment yaitu sebanyak 91.8744% dan Nitroselulosa terbaik diperoleh pada komposisi asam campuran (HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>= 40:60 ) pada waktu reaksi 40 menit yang mendapatkan kadar nitrogen sebesar 12,10%. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) menunjukkan adanya gugus nitro yang tersubstitusi, dan Uji Bakar menunjukkan bahwa nitroselulosa terbakar dengan cepat.*

**Kata kunci:** Sabut siwalan; selulosa; delignifikasi; bleaching; nitrasi; nitroselulosa; kjeldahl-spektrofotometri; FTIR.

### Abstract

*Borassus fiber contains cellulose, hemicellulose, and lignin. Cellulose content in Borassus fiber, can be processed into Nitrocellulose. Indonesia currently depends on imported nitrocellulose that is applied in various industries and used for propellant raw materials. This research purpose was to study the effect of the reaction time of nitration with mixed acid composition on the nitrogen content of nitrocellulose. There were two methods in this research, the pre-treatment process, and the nitration process. The pre-treatment process used delignification process which was used NaOH solution 17.5% at 108°C for 60 minutes and continued with bleaching using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution 2% at 100°C for 90 minutes. The nitration process was carried out by reacting  $\alpha$ -cellulose with mixed acids (HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and conditioning the reactor based on the mixed acid composition and time variables, the next step was washing nitrocellulose by using NaHCO<sub>3</sub> and aquadest. The quality of the nitrocellulose produced was tested for nitrogen content by using the Kjeldahl-spectrophotometric method and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) to see the substituted (-NO<sub>2</sub>) group. The result of  $\alpha$ -cellulose content in Borassus fiber after pre-treatment was 91.8744% and the best Nitrocellulose was obtained in the composition of the mixed acid (HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 40:60) at 40 minutes of reaction time which got nitrogen content of 12.10%. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) indicates the presence of substituted nitrous oxide group (-NO<sub>2</sub>), and the Combustion Test shows that nitrocellulose burned rapidly.*

**Keywords:** *Borassus fibre; cellulose; delignification; bleaching; nitration; nitrocellulose; kjeldahl-spectrophotometry; FTIR.*

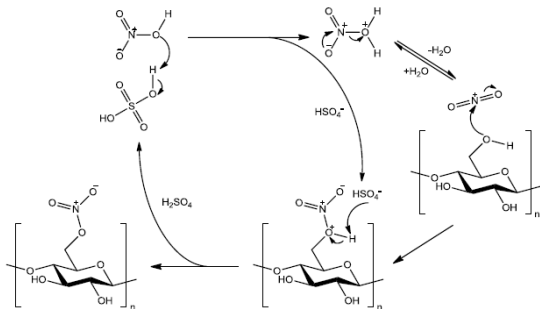
### PENDAHULUAN

Tanaman Siwalan (*Borassus Flabellifer*) merupakan tanaman tropis yang banyak ditemukan di Indonesia. Produksi komoditas siwalan di daerah

Tuban pada tahun 2017 tercatat sekitar 7140,76 Ton/tahun (BPS, 2018). Pemanfaatan tanaman siwalan hingga saat ini, hanya sebatas pada buah dan batangnya saja. Bagian luar buah siwalan seperti

batok siwalan kurang dimanfaatkan dan cenderung menjadi limbah, sementara rata-rata satu penjual ental dalam kurun waktu kurang dari seminggu mengupas 500-1000 batok siwalan (Apriyanti, 2018). Sabut siwalan yang merupakan salah satu dari sekian banyak limbah pertanian yang mengandung selulosa 53.4%, hemiselulosa 29.6%, dan lignin 17% (Madhu *et al*, 2018). Kandungan selulosa yang terdapat dalam sabut siwalan dapat memungkinkan untuk dimanfaatkan, salah satunya sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa (Heinze, 2018) serta diharapkan mampu memenuhi standar sebagai bahan baku pembuatan propelan.

Nitroselulosa, juga dikenal sebagai selulosa nitrat atau *nitrocotton* (sering disingkat NC) merupakan polimer semi-sintetik turunan selulosa (*cellulose-derived nitrate*) yang terbentuk melalui proses polimerisasi kondensasi (Bhat, 2014). Nitroselulosa yang memiliki kadar nitrogen 10,7123% biasanya disebut sebagai INC (Industrial Nitro Cellulose) digunakan sebagai bahan film, plastic, dan pernis sedangkan nitroselulosa yang memiliki kadar nitrogen lebih tinggi dari 12,75% dapat digunakan sebagai bahan oksidator pada pembuatan PNC (Propellant Nitro Cellulose) untuk isian pendorong proyektil amunisi kecil, sedang, dan besar (Ismi, 2017). Menurut Yolhamid (2018), nitroselulosa dapat diproduksi melalui reaksi esterifikasi selulosa dengan adanya nitronium ion ( $\text{NO}_2^+$ ), dimana Ion  $\text{NO}_2^+$  terbentuk dengan mencampurkan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) dengan asam kuat seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Mekanisme reaksi pembuatan nitroselulosa dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Sumber : Cheung (2014)

Gambar 1. Skema umum mekanisme nitration selulosa Berdasarkan U.S. Army Departments of Defense and Agencies (2014), nitroselulosa dapat diklasifikasikan dengan berbagai kelas dan tipe, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Nitroselulosa dengan Berbagai Kelas dan Tipe

Grade	Name	Nitrogen Content
A Tipe I	Pyrocellulose	12,60 ± 0,10 %
A Tipe II	Pyrocellulose	12,60 ± 0,15 %
B Tipe I	Guncotton	13,35 % minimum

B Tipe II	Guncotton	13,20 % minimum
B Tipe III	Guncotton	13,55 % minimum
C Tipe I	Blend of pyrocellulose and guncotton	13,15 ± 0,05 %
C Tipe II	Blend of pyrocellulose and guncotton	13,25 ± 0,05 %
D	Pyrocellulose	12,20 ± 0,10 %
E	Pyrocellulose	12,00 ± 0,10 %
F	Pyrocellulose	11,55 ± 0,25 %

Sumber : U.S. Army Departments of Defense and Agencies, 2014.

Indonesia saat ini masih mengandalkan impor nitroselulosa baik sebagai INC maupun PNC. Kebutuhan impor Nitroselulosa di Indonesia pada tahun 2018 tercatat sebanyak 4062.25 ton/tahun dan kebutuhan impor propelan sebesar 259.055 ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Data diatas menunjukkan ketersediaan bahan baku propelan seperti nitroselulosa masih sedikit di Indonesia, sehingga diperlukan penelitian untuk membantu ketersediaan nitroselulosa dengan material dasar yaitu selulosa. Bahan dasar untuk mendapatkan bahan baku utama selulosa cukup tersedia di Indonesia, salah satunya yaitu sabut siwalan (Wibowo, 2015). Hal ini membuat peneliti tertarik melakukan penelitian untuk mempelajari pembuatan nitroselulosa dari limbah sabut siwalan serta mempelajari pengaruh waktu reaksi nitration dan komposisi asam campuran ( $\text{HNO}_3$  :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) terhadap kadar nitrogen nitroselulosa agar menghasilkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen tertinggi sesuai dengan standar yang ada.

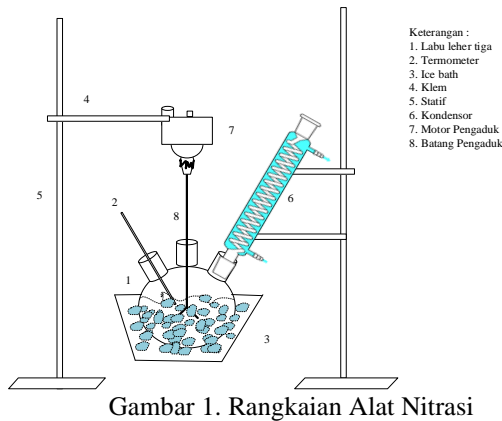
## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah limbah Sabut Siwalan yang diperoleh dari limbah penjual siwalan, di daerah Tuban Jawa Timur sebanyak 5 kilogram, sedangkan bahan Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 68%, Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98%, Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) 98%, Hidrogen Peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 50%, Aquadest ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan Natrium Bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) diperoleh dari Jaya Makmur Kimia.

### Alat

Alat utama pada penelitian ini yaitu reaktor nitration, motor pengaduk, kondensor, thermometer yang dilengkapi ice bath. Rangkaian alat proses nitration dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Nittrasi

### Persiapan Bahan Baku

Batok siwalan dibersihkan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari ( $\pm 2$  hari), kemudian digiling menggunakan alat *hammer mill*, setelah itu diseragamkan ukurannya 0,1- 0,5 cm.

### Proses Delignifikasi

Sabut siwalan direaksikan dengan larutan NaOH 17,5 % sebanyak 1500 mL, dan dipanaskan pada temperatur  $108^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Setelah proses delignifikasi, hasil proses pemasakan dipisahkan antara sabut dan filtrat, kemudian dicuci dengan air mengalir ( $\pm 3500$  cc) sampai kondisi pH netral (7), kemudian Sabut siwalan dikeringkan kadar airnya hingga minimal  $< 10\%$  (Setiadi,2017).

### Proses Bleaching

Sabut siwalan hasil delignifikasi kemudian direaksikan dengan Hidrogen Peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$  2%) sebanyak 1500 mL, dalam suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 90 menit. Setelah dilakukan bleaching, hasil proses dipisahkan antara sabut dan filtrat, kemudian dicuci dengan air mengalir ( $\pm 3500$  cc) hingga dalam kondisi pH netral (7), kemudian dikeringkan hingga kadar airnya minimal  $< 5\%$  (Saragih, 2014).

### Proses Nittrasi

Proses Nittrasi menggunakan reaktan asam campuran ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% dan  $\text{HNO}_3$  65%) dan direaksikan dalam reaktor nittrasi yang dijalankan pada suhu  $15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , kecepatan pengadukan 165 rpm.  $\alpha$  - selulosa dari sabut siwalan direaksikan dengan komposisi perbandingan asam sulfat dan asam nitrat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  :  $\text{HNO}_3$ ) sesuai variabel dengan total volume asam 400 mL dan divariasi waktu selama (10, 20, 30, 40, 50 menit), selanjutnya nitroselulosa hasil reaksi nittrasi dipisahkan antara padatan dan filtrate kemudian dilakukan Stabilisasi nitroselulosa dengan larutan  $\text{NaHCO}_3$  jenuh sebanyak 400 mL untuk menghilangkan sisa-sisa asam campuran dan cuci dengan Aquadest hingga PH 7 (netral). Nitroselulosa dikeringkan dibawah sinar matahari selama 4 jam, setelah kering kemudian disimpan dalam pada

temperatur kamar ( $27^{\circ}\text{C}$ ), lalu dilakukan analisa kandungan nitrogen dan FTIR.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

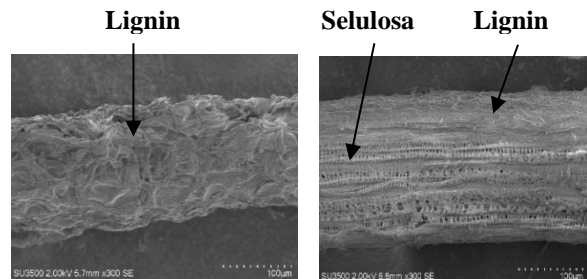
### Hasil Analisis kandungan limbah Sabut Siwalan

Analisis komponen kimia dilakukan menggunakan metode Chesson-Datta (1981) dan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Analisis Komponen Sabut Siwalan

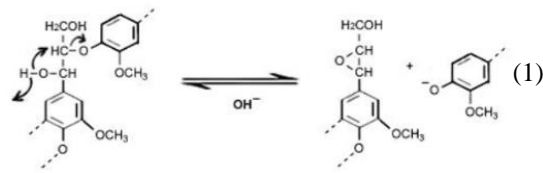
Komposisi Kimia	Sabut siwalan sebelum delignifikasi (% w)	Sabut siwalan setelah delignifikasi (% w)	Sabut siwalan setelah bleaching (% w)
$\alpha$ -Selulosa	54.3584	81.7974	91.8744
Hemiselulosa	24.0511	2.7966	0.9372
Lignin	10.9768	7.3447	4.2672
Abu	4.4846	2.4482	1.0369
Kadar Air	4.5927	3.7367	1.3731

Berdasarkan, tabel.1 dapat diketahui bahwa lignin dan hemiselulosa berkurang selama proses *pre-treatment* delignifikasi dan *bleaching*, sedangkan komponen  $\alpha$ -selulosa mengalami peningkatan. Hal ini terjadi dikarenakan ketika proses delignifikasi, lignin terpecah sehingga membuka struktur lignoselulosa, hal ini dapat dilihat melalui analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan membandingkan sabut siwalan sebelum *pre-treatment* dan setelah *pre-treatment* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. berikut :



Gambar 2. Hasil Analisis SEM (a) sabut siwalan sebelum *pre-treatment* ; (b) sabut siwalan setelah *pre-treatment* pada perbesaran 300x

Berdasarkan gambar 2 dapat terlihat bahwa lignin telah berkurang setelah proses *pre-treatment* ditandai dengan terbukanya dinding sel yang memperlihatkan struktur polimer selulosa seperti pada gambar IV.2 (b). Menurut Bajpai (2016), penggunaan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam *treatment bleaching* selulosa dapat mengurangi sekitar 50% lignin dikarenakan ion hidroksil ( $-\text{OH}$ ) pada  $\text{H}_2\text{O}_2$  akan bereaksi dengan lignin sehingga memecah struktur lignin.



(Ma'ruf *et al*, 2017)

Hasil kandungan  $\alpha$ -selulosa sabut siwalan setelah proses *pre-treatment* diperoleh sebesar 91.8744%, dimana kandungan ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan nitroselulosa.

### Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa

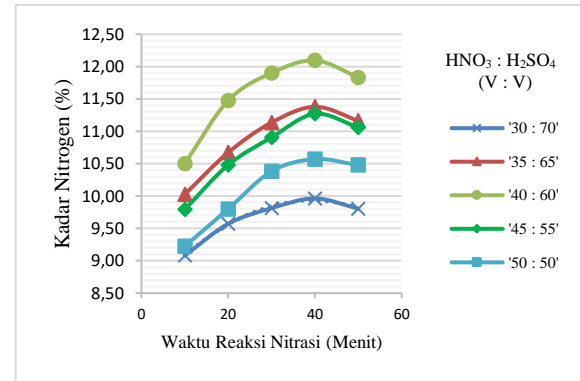
Hasil analisis nitroselulosa menggunakan metode Kjeldahl-Spektrofotometri pada perlakuan komposisi asam campuran ( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan waktu reaksi nitrasi yang bervariasi, diperoleh kadar nitrogen sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Analisis Kadar Nitrogen (%N) dalam Nitroselulosa

Sampel ( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ ) (V : V)	Waktu (Menit)	Kadar Nitrogen (%N)
(30 : 70)	10	9.08
	20	9.57
	30	9.81
	40	9.96
	50	9.81
(35 : 65)	10	10.03
	20	10.67
	30	11.14
	40	11.38
	50	11.16
(40 : 60)	10	10.50
	20	11.48
	30	11.90
	40	12.10
	50	11.83
(45 : 55)	10	9.80
	20	10.48
	30	10.91
	40	11.27
	50	11.06
(50 : 50)	10	9.22
	20	9.80
	30	10.38
	40	10.57
	50	10.48

Hasil analisis pada tabel 3 diperoleh kandungan nitrogen terbaik yaitu sebesar 12.10% pada kondisi komposisi  $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$  (40 : 60) dan waktu reaksi nitrasi 40 menit. Berdasarkan U.S. Army Departments of Defense and Agencies (2014), nitroselulosa dengan kadar nitrogen 12.10% masih termasuk dalam kategori "Pyrocellulose" Grade D. Kadar nitrogen yang diperoleh juga dapat diaplikasikan sebagai *Film, Lacquer, Coated fabric* karena berada pada kisaran kadar nitrogen 11.8% - 12.3% (Setiadi, 2017).

### Pengaruh Waktu Reaksi Nitrasi Terhadap Kadar Nitrogen (%N) dalam Nitroselulosa pada rasio ( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang bervariasi.

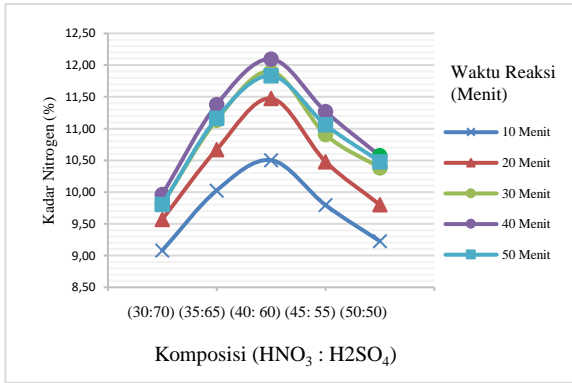


Gambar 3. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa pada rasio ( $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang bervariasi.

Gambar 3 diatas dapat dijelaskan bahwa kandungan nitrogen dalam nitroselulosa meningkat seiring bertambahnya waktu hingga mencapai waktu optimum kemudian mengalami penurunan kadar nitrogen. Kadar nitrogen meningkat pada waktu 10 menit ; 20 menit ; 30 menit ; 40 menit dan kadar nitrogen mengalami penurunan pada waktu 50 menit. Kondisi optimum reaksi nitrasi nitroselulosa diperoleh pada waktu ke 40 menit untuk masing-masing variabel komposisi volume  $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ . Adanya penurunan kadar nitrogen dalam nitroselulosa pada waktu 50 menit dikarenakan reaksi nitrasi merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*), dimana produk  $\text{H}_2\text{O}$  yang dihasilkan dapat menghambat substitusi gugus hidroksil (-OH) oleh gugus nitro (-NO<sub>2</sub>) apabila telah mencapai waktu optimum. Menurut skema mekanisme reaksi Cheung (2014) dapat ditunjukkan bahwa adanya penambahan jumlah  $\text{H}_2\text{O}$  yang terbentuk, akan menggeser kesetimbangan reaksi ke arah reaktan. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh Saragih (2014), Nitroselulosa dengan kadar nitrogen tertinggi cenderung dihasilkan pada waktu 30 menit. Penurunan kadar nitrogen pada waktu 60 dan 90 menit disebabkan terjadinya depolimerisasi dan denitrasi pada nitroselulosa, kemudian ditambahkan oleh Liu (2019) kadar nitrogen dalam nitroselulosa mengalami peningkatan dari 11.8% pada waktu 30 menit, menjadi 12.0% pada waktu 40 menit, namun kadar nitrogen mengalami penurunan menjadi 11.8% pada waktu 50 menit. Merujuk pada penelitian setiadi (2017), menjelaskan bahwa proses nitrasi merupakan jenis reaksi reaksi *reversible*, dimana ada sebagian produk yang kembali lagi menjadi reaktan atau kecepatan reaksi cenderung bergeser ke arah reaktan, sehingga jumlah produk yang dihasilkan akan mengalami penurunan, sedangkan jumlah reaktan mengalami peningkatan. Oleh karena itu, apabila

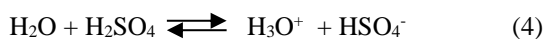
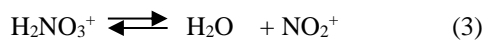
reaksi nitration telah melewati waktu optimum, kadar nitrogen dalam nitroselulosa akan berkurang.

**Pengaruh Komposisi (HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Terhadap Kadar Nitrogen (%N) dalam Nitroselulosa pada Waktu Reaksi Nitration yang Bervariasi.**

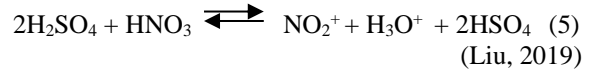


Gambar 4. Pengaruh Komposisi Asam Campuran Terhadap Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa

Kondisi optimum reaksi nitration nitroselulosa diperoleh pada komposisi HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (40:60) untuk masing-masing variabel reaksi nitration. Adanya penurunan kadar nitrogen dalam nitroselulosa pada komposisi HNO<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (45:55) ; (50:50) dikarenakan reaktan menggunakan HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi (68%) sehingga semakin besar komposisi volume HNO<sub>3</sub>, maka air yang terbawa dalam reaktan juga semakin besar. Hal serupa juga terjadi pada penelitian Seta (2019), dimana kadar nitrogen paling tinggi terdapat pada komposisi (HNO<sub>3</sub>:HNO<sub>3</sub> Fuming: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 1:1:1,6) dimana komposisi ini memiliki kandungan air yang paling sedikit, kandungan air tersebut didapatkan dari asam nitrat 65% dan diperoleh hasil nitroselulosa dengan kadar nitrogen (12,97%). Asam sulfat pada reaksi nitration berfungsi sebagai katalis dan dehydrating agent atau dapat mengikat air yang terbentuk. Berdasarkan skema mekanisme reaksi Cheung (2014) dapat ditunjukkan bahwa jumlah H<sub>2</sub>O yang terdapat dalam reaktan berpengaruh pada kadar nitrogen yang dihasilkan. Apabila jumlah H<sub>2</sub>O terlalu berlebih (melebihi optimum), maka kesetimbangan reaksi akan bergeser kearah reaktan (kiri) dan menyebabkan ion nitronium (NO<sub>2</sub><sup>+</sup>) yang terbentuk menjadi berkurang. Hal ini juga sesuai reaksi asam campuran pada literature Liu (2019), seperti yang ditunjukkan pada gambar persamaan berikut :

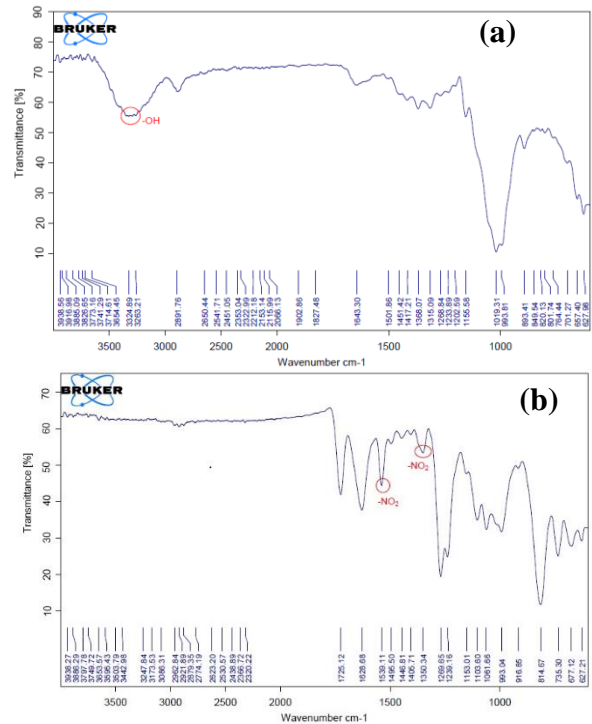


Total reaksi ditunjukkan pada persamaan 5 berikut :



**Analisis gugus nitro dengan FTIR**

Substitusi gugus hidroksil (-OH) oleh gugus nitro (-NO<sub>2</sub>) dapat diketahui dengan membandingkan selulosa dan nitroselulosa melalui uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR), seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 5. Analisis FTIR Sabut Siwalan sebelum nitration (a) dan analisis FTIR Nitroselulosa Sabut Siwalan (b)

Selulosa merupakan polimer yang memiliki gugus hidroksil (-OH). Berdasarkan Skoog (2016), serapan gugus hidroksil (-OH) terdapat pada kisaran panjang gelombang 3200 – 3600 cm<sup>-1</sup>. Gambar 4 (a) menunjukkan bahwa masih terdapat gugus hidroksil (-OH) dalam selulosa sabut siwalan yang terlihat pada serapan panjang gelombang 3263.21 cm<sup>-1</sup> dan 3324.89 cm<sup>-1</sup> kemudian gugus hidroksil (-OH) dalam selulosa akan tersubstitusi menjadi gugus nitro(-NO<sub>2</sub>) setelah reaksi nitration seperti yang ditunjukkan pada gambar 4(b) serapan gugus nitro (-NO<sub>2</sub>) terdapat pada kisaran panjang gelombang 1500 – 1570 cm<sup>-1</sup> dan 1300 – 1370 cm<sup>-1</sup>. Gambar 4(b) menunjukkan gugus hidroksil (-OH) dalam selulosa telah tersubstitusi menjadi gugus nitro (-NO<sub>2</sub>) seperti yang terlihat pada panjang gelombang 1350.34 cm<sup>-1</sup> dan 1539.11 cm<sup>-1</sup>. Analisis FTIR menunjukkan terdapat 2 gugus nitro (-NO<sub>2</sub>) yang tersubstitusi.

### Uji Bakar Sabut Siwalan , $\alpha$ -Selulosa dan Nitroselulosa Sabut Siwalan

Uji bakar nitroselulosa dilakukan untuk melihat perbedaan selulosa sebelum nitrasi dengan nitroselulosa, uji bakar ini dilakukan dengan cara melekatkan sejumlah nitroselulosa kering dengan sumber api dan dilihat apakah nitroselulosa tersebut dapat terbakar dengan singkat. Nitroselulosa merupakan senyawa kimia yang mudah terbakar baik melalui panas, gesekan, bunga api, maupun cahaya. Perbedaan antara selulosa dan nitroselulosa dapat diketahui secara kualitatif dengan melakukan uji bakar untuk melihat lama waktu pembakaran dan sisa abu seperti yang ditunjukkan pada Tabel. 2 berikut :

Tabel 2. Uji Bakar Sabut Siwalan ,  $\alpha$ -Selulosa dan Nitroselulosa Sabut Siwalan

Sampel	Uji Bakar	Keterangan	Abu
Sabut Siwalan	Terbakar	Terbakar dalam waktu 32 detik	Ada
$\alpha$ -Selulosa Sabut Siwalan	Terbakar	Terbakar dalam waktu 11 detik	Ada
Nitroselulosa Sabut Siwalan	Terbakar	Terbakar dalam waktu 2 detik	Ada

Uji bakar nitroselulosa pada tabel 2. menunjukkan bahwa nitroselulosa dapat terbakar dengan cepat dengan waktu selama 2 detik. Menurut Pourmortazavi (2009) adanya kandungan nitrogen pada nitroselulosa akan menurunkan energi aktivasi, sehingga nitroselulosa lebih cepat terbakar dibandingkan selulosa. Hal ini juga dapat dibuktikan melalui penelitian yg dilakukan oleh Emsley (1994) dan Chai, et al(2018) menunjukkan bahwa pembakaran selulosa memiliki energi aktivasi sebesar  $111 \text{ kJ.mol}^{-1}$  sedangkan pembakaran nitroselulosa memiliki energi aktivasi  $89.09 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

### SIMPULAN

1. Kandungan  $\alpha$ -selulosa sabut siwalan setelah proses *pre-treatment* diperoleh sebesar 91.8744%, dimana kandungan ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan nitroselulosa.
2. Komposisi volume  $\text{HNO}_3$  dan waktu reaksi nitrasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar nitrogen dalam nitroselulosa, dimana kadar nitrogen akan meningkat seiring bertambahnya waktu reaksi nitrasi dan bertambahnya volume  $\text{HNO}_3$  hingga mencapai kondisi optimum kemudian mengalami penurunan

3. Nitroselulosa dengan kandungan nitrogen terbaik diperoleh sebesar 12.10% pada kondisi komposisi  $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$  (40 : 60) dan waktu reaksi nitrasi 40 menit.

### SARAN

1. Disarankan menggunakan kondisi operasi delignifikasi pada temperatur 150-170 °C agar lignin yang terdapat pada limbah sabut siwalan dapat berkurang secara maksimal.
2. Disarankan penggunaan reaktan asam nitrat fuming ( $\text{HNO}_3$  99%) agar kandungan air dalam reaktan lebih sedikit sehingga pembentukan ion nitronium ( $\text{NO}_2^+$ ) semakin banyak.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apriyanti, I. R., “Studi Potensi Pemanfaatan Limbah Serat Batok Siwalan (*Borassus Flabellifer L*) Sebagai Bahan Baku Kerajinan Local (Benang) Gresik,” *Jurnal Teknologi Aliansi perguruan Tinggi (APETI) BUMN* vol.1, pp. 81-88, 2018.
- [2] Badan Pusat Statistik, “*Produksi Komoditas Siwalan Tahun*,” BPS Jawa Timur, Tuban, 2018.
- [3] Bajpai P., “*Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Biofuel Production*”. 1<sup>st</sup> ed. Patiala : Springer, 2016.
- [4] Bhat, G., dan V. Kandagor, “Synthetic Polymer Fibers and Their Processing Requirements,” *Journal Advance in Filament Yarn Spinning of Textiles and Polymers*, vol.1, pp.8, 2014.
- [5] Chai H. et al., “Theoretical and Experimental Study on The Effect of Nitrogen Content on The Thermal Characteristic of Nitrocellulose Under Low Heating Rates,” *Springer* vol.26, pp. 763-776, 2018.
- [6] Cheung, C., “*Studies of Nitration of Cellulose-Application in New Membrane Materials*,” M.Sc Thesis, University of British, Colombia, 2014.
- [7] Datta, R., “Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion Component,” *Journal Biotechnology and Bioengineering*, vol. 1, pp. 2167-2170, 1981.
- [8] Emsley, A.M., dan G.C. Steven, “Kinetics and Mechanism of The Low-Temperature Degradation of Cellulose,” *Springer* vol.1, pp. 25-56, 1994.
- [9] Golly, M. K., et al, “Development of Food Product from Palmyra Palm (*Borassus Flabellifer L.*) Fruit Pulp for Possible Commercialization,” *Stu International Journal of Technology (STUIJT)* vol.1, pp. 89-90, 2017.

- [10] Heinze, T., El Seoud Omar A, dan Koschella A, “*Cellulose Derivatives*”. Switzerland : Springer, 2018,.
- [11] Liu, J., “*Nitrate Esters Chemistry and Technology*”. 1<sup>st</sup>ed. Beijing : Springer, 2019.
- [12] Madhu, P., *et al*, “A Review on Synthesis and Characterization of Commercially Available Natural Fiber,” *Journal of Natural Fibers* vol.1, pp. 1-12, 2018.
- [13] Ma’ruf A, Pramudono B, Aryanti N, “Lignin Isolation Process from Rice Husk by Alkaline Hydrogen : Lignin and Silica Extracted,” *International Conference on Chemistry, Chemical Process and Engineering (IC3PE)*, pp. 2-3, 2018.
- [14] Pourmortazavi S.M. et al., “Effect of Nitrate Content on Thermal Decomposition of Nitrocellulose,” *Journal of Hazardous Material* vol. 2, pp. 1141-1144, 2009.
- [15] Saragih, E., Padil, dan Yelmida, “Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelepah Sawit dengan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sebagai Bahan Baku Pembuatan Propelan” *Jurnal Online Mahasiswa* vol. 1, pp. 1-10, 2014.
- [16] Seta, F. T., S. Sugesty, dan R. Biantoro, “Karakterisasi Nitroselulosa dari Pulp Larut Bamboo Bema dan Bambu Industri,” *Jurnal Selulosa* vol.9, pp. 25-32, 2019.
- [17] Setiadi, Y. Mulyadi, dan B. Kusmartono, “Optimasi Pembuatan Nitroselulosa dari Daun Nanas dengan Proses Delignifikasi Dalam Upaya Mewujudkan Sumber Energi Bersih dan Terbarukan,” *Prosiding Seminar Nasional XII Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, pp. 304-309, 2017.
- [18] Skoog D.A., F.J. Holler dan S.R. Crouch, “*Principles of Instrumental Analysis*”. 7<sup>th</sup> ed. America : Cengage Learning, 2016.
- [19] U.S. Army Departments of Defense and Agencies, pp. 1-4, 2014.
- [20] Wibowo, H. B., “Strategi Penguasaan Teknologi Cast Double Base (Cdb) Dalam Rangka Menunjang Litbang Propelan Roket Dan Membangun Industri Propelan Di Indonesia,” *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara* vol. 1, pp. 33-44, 2015.
- [21] Yolhamid, M. N., F. Ibrahim, M. A. U. Amir, R. Ibrahim, S. Adnan, dan M. Z. A. Yahya, “The Processing Of Nitrocellulose From Rhizophora, Palm Oil Bunches (Efb) And Knaf Fibres As A Propellant Grade,” *International Journal Of Engineering & Technology* vol.7, pp. 59-65, 2018.