

PENGARUH RASIO ASAM PENITRASI PADA PEMBUATAN NITROSELULOSA DARI LIMBAH KULIT DURIAN

Bambang Kusmartono¹, Murni Yuniwati², Ganjar Andaka³, Friska Bintang⁴

¹²³⁴Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: bambangkusmartono@akprind.ac.id

ABSTRACT

Nitrocellulose is one of the basic ingredients of a single base type propellant made by nitration of cellulose using a mixture of nitric acid and sulfuric acid with water. In industry, nitrocellulose can be used as a plastic base material, lacquer (coating material), film, cement base material, raw material propellant (explosive) and smokless powder. Coconut fibers contain relatively high cellulose compounds and can be used as a basis for making nitrocellulose.

This research aims to study the process of cellulose nitration on durian skin into nitrocellulose. It also aims to study the optimum conditions in the durian skin nitration process to produce nitrocellulose with high nitrogen content.

This research was conducted through two stages, namely the pre-treatment process and the nitration process. The pre-treatment process aims to increase the levels of α -cellulose in raw materials, through the process of pre-hydrolysis, delignification, and bleaching. While the nitration process uses a mixture of acids consisting of nitric acid and sulfuric acid as a catalyst. In this study the effect of reaction time and the comparison of sulfuric acid with nitric acid were studied.

The results showed that the nitration process would give the best results at the reaction time of 90 minutes, the ratio of sulfuric acid to nitric acid 7: 3. In this condition a yield of 94.6% was obtained with a nitrogen content of 11.12% and included in the quality of A grades and in the industrial field could be used as a plastic and lacquer base material. FTIR test results indicate that two uptake of -NO₂ groups in nitrocellulose has been formed, so that it is included in the type of cellulose di-nitrate.

Keywords: Nitrocellulose, durian peel, nitration time, acid titration ratio

INTISARI

Nitroselulosa merupakan salah satu bahan dasar dari propelan jenis *single base* yang dibuat dengan nitrasasi terhadap selulosa menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan air. Di dalam industri, nitroselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik, *lacquer* (bahan pelapis), *film*, bahan dasar semen, bahan baku propelan (peledak) dan *smokless powder*. Serabut Kelapa mengandung senyawa selulosa yang lumayan tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan nitroselulosa.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses nitrasasi selulosa pada kulit durian menjadi nitroselulosa. Selain itu juga bertujuan untuk mempelajari kondisi yang optimum pada proses nitrasasi kulit durian untuk menghasilkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen yang tinggi.

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan, yaitu proses *pre-treatment* dan proses nitrasasi. Proses *pre-treatment* bertujuan untuk meningkatkan kadar α -selulosa dalam bahan baku, melalui proses pre-hidrolisis, delignifikasi, dan *bleaching*. Sedangkan proses nitrasasi menggunakan asam campuran yang terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat sebagai katalisator. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh waktu reaksi, dan perbandingan asam sulfat dengan asam nitrat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses nitrasasi akan memberikan hasil terbaik pada waktu reaksi 90 menit, perbandingan asam sulfat terhadap asam nitrat 7:3. Pada kondisi ini diperoleh *yield* sebanyak 94,6% dengan kandungan nitrogen sebesar 11,12% dan termasuk dalam kualitas A *grades* serta di bidang industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *plastic* dan *lacquer*. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa telah terbentuk dua serapan gugus -NO₂ pada nitroselulosa, sehingga termasuk dalam jenis selulosa di-nitrat.

Kata kunci : Nitroselulosa, kulit durian, waktu nitrasasi, rasio asam penitrasasi

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang banyak dan kaya akan sumber daya alamnya.

Salah satu yang potensial dimanfaatkan di masa mendatang adalah sumber daya selulosa. Selulosa terdapat pada semua

tanaman tingkat tinggi hingga organisme tumbuhan primitif, diantaranya adalah buah durian yang mengandung selulosa pada bagian kulitnya.

Buah durian pada umumnya hanya dikonsumsi dagingnya baik secara langsung atau diolah menjadi berbagai produk seperti dodol durian, ice cream durian, dan sebagainya. Bagian buah yang dapat dimakan (persentase bobot daging buah) tergolong rendah yaitu hanya 20,52%. Hal ini berarti ada sekitar 79,48% yang merupakan bagian yang tidak dimanfaatkan untuk dikonsumsi seperti kulit dan biji durian (Chaerul Novita, 2013). Sehingga, dapat diperkirakan limbah yang dihasilkan sekitar 556.360 ton per tahun.

Kulit durian mengandung senyawa selulosa yang lumayan tinggi, sekitar 60-70% sehingga berdasarkan hal tersebut ada peluang untuk memanfaatkannya menjadi bahan yang lebih bernilai dari sekedar limbah. Salah satu pemanfaatan yang bisa dilakukan adalah pembuatan nitroselulosa dari bahan dasar kulit durian.

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 –ONO₂. Di dalam industri, nitroselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik, *lacquer* (bahan pelapis), *film*, bahan dasar semen, bahan baku propelan (peledak) dan *smokless powder*.

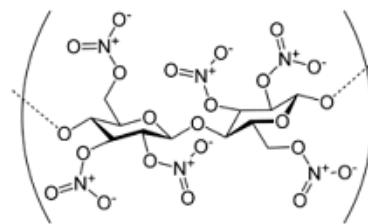
Tabel 1. Jenis-jenis Selulosa Nitrat dan Kegunaannya

% N	Bidang Aplikasi	Pelarut
10,7 – 11,2	<i>Plastic, Lacquer</i>	Etil Alkohol
11,2 – 11,7	<i>Film, Lacquer</i>	Etil alkohol, metanol, etil
11,8 -12,3	<i>Film, Lacquer, Coated fabric, cement.</i>	butil, amil asetat, aseton, metil etil keton.
12,5 – 13,5	<i>Smokeless powder</i>	Aseton

Sumber: (Shreve's, 1984)

Selulosa nitrat memiliki nilai derajat polimerisasi (n)= 100-3500, berat molekul 459,28–594,28, memiliki warna putih dan kuning, berbau, mudah terbakar dan meledak, densitas relatif 1,58 - 1,65, melting point 160°C sampai dengan 170°C, *flash point* 12,78°C dan akan mudah terbakar pada suhu 170°C. Selulosa nitrat tidak larut dalam air, larut dalam keton, ester, alkohol dan solven lainnya. Selulosa nitrat merupakan zat yang

tidak stabil dan mudah terbakar apabila suhunya mencapai di atas 170°C karena terjadi perubahan komposisi akibat panas yang tiba-tiba. (Austin, 1984).

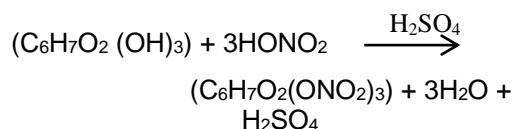


Gambar 1. Struktur Molekul Selulosa Nitrat

Selulosa dengan kadar α -selulosa diatas 92% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan dan/atau bahan peledak, yaitu apabila kadar nitrogen yang diperoleh >12,5% (Isroi, 2008).

Sehingga untuk mendapatkan kadar α -selulosa yang tinggi, maka hemiselulosa dan lignin harus dihilangkan terlebih dahulu. Penghilangan hemiselulosa bisa dengan cara pre-hidrolisis menggunakan aquadest pada suhu mendidih (Syahputra, 2011), sedangkan penghilangan lignin dapat dilakukan dengan menambahkan alkali/basa agar menjadi senyawa lain yang mudah larut (Nuringtyas, 2010). Dan untuk memaksimalkan penghilangan lignin tersebut, bisa juga dilakukan melalui proses pemurnian dengan hidrogen peroksida (Saragih E, 2013).

Proses nitrasi adalah masuknya gugus nitro ke dalam zat-zat organik atau kimia lainnya dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat. Perbandingan (dalam mol) antara asam sulfat, asam nitrat, dan air adalah 1:2:2, sedangkan untuk % beratnya adalah 21,3% : 66,4% : 12,2 % (Ullman's, 2006). Reaksi yang terjadi adalah :



Kadar N akan menentukan sifat fisik dan kimia nitroselulosa. Substitusi berlangsung sepanjang rantai polimer bukan mengumpul pada satu monomer. Nitroselulosa dibuat dengan reaksi nitrasi selulosa yaitu proses penggantian gugus –OH dengan gugus –ONO₂. Proses ini dikendalikan oleh rasio diantara asam, rasio asam-selulosa, dan suhu reaksi. Jika terjadi penggantian satu gugus (C₆H₇O₂(OH)₂(ONO₂)), dua gugus (C₆H₇O₂(OH)(ONO₂)₂), tiga gugus (C₆H₇O₂(ONO₂)₃), maka kadar nitrogen dalam

nitroselulosa adalah berturut-turut 7,3%, 12,73%, dan 16,86% (Hartaya, 2009).

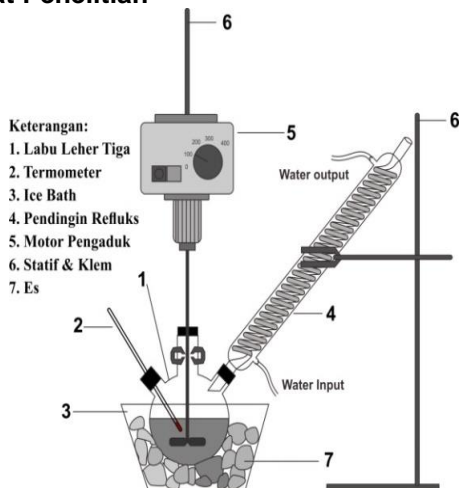
Metode analitik yang paling umum digunakan dalam penentuan kadar nitrogen adalah metode *Kjeldahl* (Sudarmadji, 1996). Sedangkan analisis kualitatif dapat menggunakan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mendeteksi keberadaan gugus $-NO_2$ dalam nitroselulosa (Hartaya, 2008).

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Selulosa diperoleh dari kulit durian. Larutan HNO_3 65% dan larutan H_2SO_4 95% digunakan sebagai pereaksi dalam reaksi nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa. Larutan $NaHCO_3$ 10% dan aquadest digunakan sebagai zat pencuci hasil proses nitrasi. Dan larutan $NaOH$ 17,5% digunakan dalam proses penghilangan lignin (lignifikasi) pada kulit durian.

Alat Penelitian



Gambar 2. Rangkaian alat nitrasi

Alat Utama terdiri dari labu leher tiga 500 mL, thermometer, *ice bath*, pendingin refluks, motor pengaduk, statif & klem. Sedangkan alat penunjang terdiri dari *Blender*, ayakan, Corong, pemanas, timbangan digital, gelas kimia 1000 mL, gelas ukur 100 mL, 50 mL, pipet tetes, pipet volume 10 mL, batang pengaduk, erlenmeyer 250 mL, labu *Kjeldahl*, alat distilasi, dan buret.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu tahap *pre-treatment* bahan baku, tahap penelitian pembuatan nitroselulosa dan tahap analisis produk

nitroselulosa yang meliputi perhitungan besarnya % *yield* dan analisis kadar nitrogen produk nitroselulosa (Purnawan, 2010).

Pre-treatment Bahan Baku

Kulit durian dicuci dengan air untuk menghilangkan kotorannya. Lalu dioven pada suhu $100^{\circ}C$ sampai berat konstan. Kemudian diperkecil ukurannya menggunakan *blender* dan setelah itu diayak pada ukuran 20 – 50 *mesh*.

Proses pre-hidrolisis: Sampel dimasak dalam aquadest pada suhu $100^{\circ}C$ selama 1 jam, dengan rasio bahan terhadap cairan pemasak 1:6, lalu serat yang didapat dikeringkan dalam oven pada suhu $100^{\circ}C$ (Nuraini, 2011).

Proses Delignifikasi: Serat di-delignifikasi dalam larutan $NaOH$ 17,5% pada suhu $100^{\circ}C$ selama 1 jam, dengan rasio berat serat terhadap volume larutan $NaOH$ sebesar 1:8, setelah itu serat dicuci hingga bersih lalu dikeringkan dalam oven (Saragih, 2013).

Proses pemurnian (*bleaching*): Proses pemurnian dilakukan dengan hidrogen peroksida selama 1 jam pada suhu $70^{\circ}C$, dengan rasio berat serat terhadap volume H_2O_2 3% sebanyak 1:10, serat dicuci dengan aquadest sampai pH netral lalu dikeringkan, kemudian diambil sedikit sampel untuk dilakukan analisis kadar α -selulosa (Zulfieni, 2011).

Proses Pembuatan Nitroselulosa

Merangkai alat untuk proses nitrasi, Lalu memasukkan 100 mL campuran H_2SO_4 95% dan HNO_3 65% dengan perbandingan 1:4 ke dalam labu leher tiga, dan suhu didalam labu diatur antara $5-15^{\circ}C$. Kemudian 5 gram sampel dimasukkan ke dalam campuran asam tersebut. Labu ditutup rapat dengan lak, kemudian motor pengaduk dihidupkan pada kecepatan pengadukan 200 rpm. Proses nitrasi dilakukan selama waktu yang telah divariasikan (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit). Kemudian sampel dicuci dengan aquadest dingin dan larutan $NaHCO_3$ 10%, lalu dicuci kembali menggunakan aquadest. Setelah itu sampel dikeringkan di bawah sinar matahari. Sampel siap untuk dianalisis *yield* produk dan kadar nitrogen-nya. Menentukan waktu optimum nitrasi berdasarkan % N terbesar. Setelah didapatkan waktu optimum, proses nitrasi dilanjutkan dengan variasi rasio asam penitrasi (1:2, 1:3, 1:4, 2:1, 7:3 (2,3:1), dan

3:1), dan dengan menjaga parameter lainnya tetap.

Tahap Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengetahui kualitas nitroselulosa yang dihasilkan. Analisis yang dilakukan pada percobaan meliputi: Analisis kadar selulosa bahan baku, analisis kadar air, analisis kadar α -selulosa hasil *pre-treatment*, analisis *yield* produk, analisis kadar nitrogen dengan metode semi mikro *kjeldahl* (Dalal, 1984), analisis gugus nitro dengan FTIR, dan uji fisik nitroselulosa (uji nyala).

HASIL & PEMBAHASAN

Analisis Kandungan Selulosa & Lignin Bahan Baku

Sampel dianalisis untuk mengukur kandungan selulosa dan lignin dalam bahan baku, berdasarkan metode *Datta* yang dikemukakan oleh Chesson (1981). Berikut merupakan hasil analisis dan perhitungannya:
 Kadar selulosa = 64 %
 Kadar lignin = 10 %

Analisis Kadar Air Bahan Baku

Hasil analisis kadar air dalam bahan baku adalah 8,6 %. Menurut Ullman's (2006) untuk mencapai kondisi yang optimum pada saat nitrasi, kadar air dalam bahan baku diusahakan tidak melebihi 10%, karena dapat mengganggu kesetimbangan reaksinya.

Analisis Kandungan α -Selulosa Hasil *Pre-treatment* Bahan Baku

Pada proses *pre-treatment* bahan baku ini terdapat tiga tahapan proses, yaitu proses prehidrolisis, proses delignifikasi, dan proses *bleaching*.

Tabel 2. Hasil analisis α -selulosa *pre-treatment* bahan baku

No	Proses	α -selulosa
1.	Prehidrolisis (H ₂ O)	65 %
2.	Delignifikasi (NaOH)	87,5%
3.	Bleaching (H ₂ O ₂)	95 %

Analisis *yield* Produk

Presentase *yield* produk diperoleh dari perbandingan massa produk nitroselulosa kering dengan massa bahan awal.

Analisis Kadar Nitrogen

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas unsur nitrogen yang terkandung dalam produk nitroselulosa. Semakin besar

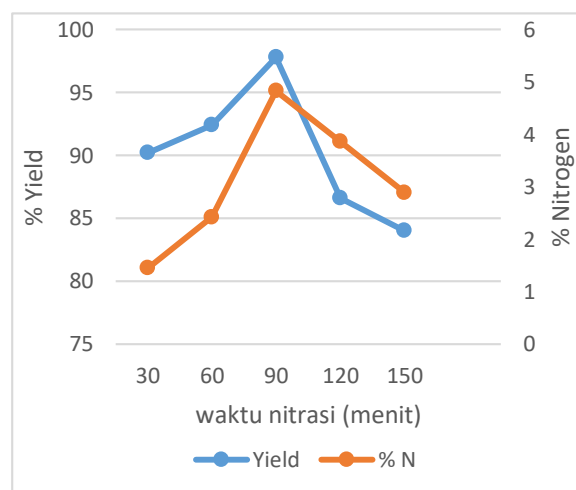
kadar nitrogen yang terkandung dalam nitroselulosa, maka semakin baik mutunya.

Pengaruh Waktu Nitrasi terhadap *Yield* Produk & Kadar Nitrogen

Pada percobaan optimasi waktu nitration ini, *yield* produk dan kadar nitrogen terbesar didapatkan pada waktu 90 menit.(Tabel 3) Dengan demikian maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk nitration, *yield* produk dan kadar nitrogen yang dihasilkan akan semakin besar atau bertambah (Gambar 3). Namun dalam penelitian ini terjadi penurunan kadar *yield* dan kadar nitrogen pada menit ke-120 dan ke-150

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Yield* & Kadar Nitrogen pada Optimasi Waktu

No	Waktu Nitrasi	% <i>Yield</i>	% N
1.	30 menit	90,2	1,45
2.	60 menit	92,4	2,42
3.	90 menit	97,8	4,83
4.	120 menit	86,6	3,86
5.	150 menit	84	2,89



Gambar 3. Pengaruh Waktu Nitrasi terhadap *Yield* Produk & Kadar Nitrogen

Hal yang demikian bisa terjadi karena pada proses ini jenis reaksi yang terjadi adalah 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.

Dengan demikian, waktu optimum tersebut yang dijadikan sebagai parameter tetap pada proses nitration dengan variasi rasio asam campuran penitration.

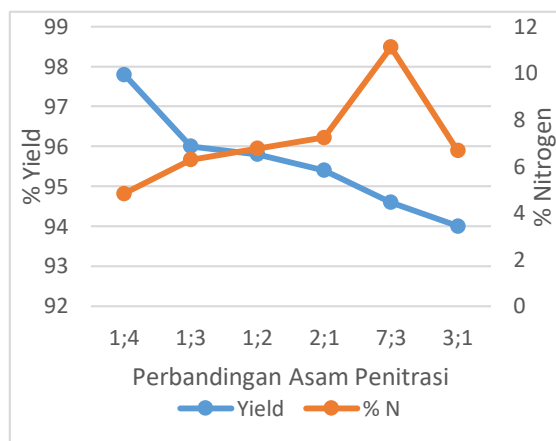
Pengaruh Rasio Asam Penitrasi terhadap Yield Produk & Kadar Nitrogen

Pengaruh rasio asam penitrasi dipelajari dengan menjaga parameter lainnya tetap. Proses nitrasi dilakukan berdasarkan waktu optimum pada percobaan optimasi waktu nitrasi (waktu yang dicapai untuk memperoleh produk dengan kadar nitrogen tertinggi).

Hasil analisis *yield* produk berdasarkan pengaruh rasio asam penitrasi, dapat dilihat dalam Tabel 4: Secara keseluruhan persentase produk mengalami penurunan karena ada sebagian selulosa yang ikut terdestruksi dan larut dalam H₂SO₄ sehingga ikut terbuang pada saat penyaringan. Jadi semakin besar rasio H₂SO₄ terhadap HNO₃, maka *yield* produknya akan semakin berkurang (Gambar 4). Hal ini dikarenakan konsentrasi H₂SO₄ menjadi semakin pekat dibanding konsentrasi HNO₃ sehingga bersifat destruktif.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Yield* & Kadar Nitrogen pada Rasio Asam Penitrasi

No	H ₂ SO ₄ : HNO ₃	% Yield	% N
1.	1:4	97,8	4,83
2.	1:3	96	6,28
3.	1:2	95,8	6,77
4.	2:1	95,4	7,24
5.	7:3	94,6	11,12
6.	3:1	94	6,67



Gambar 4. Pengaruh Rasio Asam Penitrasi terhadap *Yield* Produk

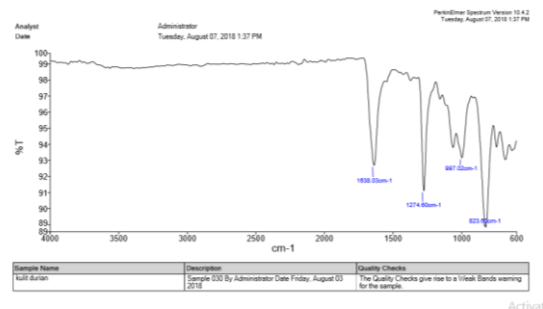
Dari Tabel 4 dan Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa perbandingan asam campuran sangat berpengaruh terhadap kadar nitrogen

dalam produk, dimana H₂SO₄ selain sebagai katalis juga sebagai *dehydrating agent* yang berfungsi sebagai pengikat air yang terbentuk pada reaksi nitrasi. Pada saat jumlah H₂SO₄ kecil maka semakin banyak air yang tidak terikat sehingga akan menghambat substitusi gugus -OH oleh gugus -NO₂. Sebaliknya, jika jumlah H₂SO₄ semakin besar maka H₂SO₄ sebagai katalis dapat menurunkan energi aktivasi yang secara langsung dapat mempercepat laju reaksi, sehingga kadar nitrogen akan semakin tinggi hingga perbandingan optimum tercapai yaitu pada perbandingan 7:3 (H₂SO₄ : HNO₃).

Di atas perbandingan 7:3, kadar nitrogen mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan jika H₂SO₄ berlebihan maka akan mendestruksi sebagian selulosa sehingga selulosa yang bereaksi menjadi lebih kecil, demikian pula dengan semakin besar jumlah HNO₃ maka reaksi akan bergeser ke arah pembentukan produk.

Hasil optimum pada rasio asam campuran 7:3 (H₂SO₄ : HNO₃) yang menunjukkan kadar 11,12% merupakan capaian yang cukup baik, mengingat kadar nitrogen maksimum teoritis pada nitroselulosa sebesar 14,14%.

Analisis Gugus Nitro dengan FTIR



Gambar 5. Spektrum FTIR Nitroselulosa pada Rasio 7:3 (H₂SO₄ : HNO₃)

Keberhasilan proses nitrasi dapat dibuktikan dengan analisa kualitatif menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

Pada Gambar 5 dapat dilihat puncak-puncak pada kisaran angka gelombang 1260-1390 cm⁻¹ dan 1560-1660 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus -NO₂. Namun, pada puncak dengan kisaran angka gelombang 3200-3600 cm⁻¹ tidak menunjukkan adanya gugus -NO₂ maupun gugus -OH. Hal ini dikarenakan butiran nitroselulosa hasil penelitian ini masih berukuran kasar, sehingga sinar *infrared* pada

alat FTIR tidak bisa menembus partikel secara sempurna, selain itu juga menyebabkan tampilan *peak* pada grafik yang kurang tajam.

Jadi hasil uji FTIR pada penelitian ini pada rasio 7:3 cenderung menghasilkan derajat substitusi dua, sehingga jika diestimasi kadar nitrogen pada nitroselulosa mencapai >12,73%.

KESIMPULAN

1. Proses *pre-treatment* dapat meningkatkan kadar α -selulosa dalam serbuk kulit durian yaitu sebesar 95%. Sehingga kandungan selulosa dalam kulit durian dapat dimanfaatkan untuk pembuatan nitroselulosa.
2. Pengaruh waktu terhadap *yield* produk & kadar N, adalah semakin lama waktu nitrasi maka *yield* produk & kadar N yang dihasilkan juga akan semakin besar. Akan tetapi jika sudah mencapai kondisi setimbang *yield* produk dan kadar nitrogennya cenderung akan semakin berkurang. Sedangkan pengaruh rasio asam campuran terhadap *yield* produk adalah semakin besar rasio asam sulfat terhadap asam nitrat maka *yield* produk akan semakin menurun.
3. Pengaruh rasio asam campuran terhadap kadar nitrogen ialah semakin besar rasio H_2SO_4 terhadap HNO_3 , maka kadar nitrogen pada nitroselulosa akan semakin besar. Namun setelah mencapai kondisi optimum, kadar nitrogen menjadi semakin berkurang.
4. Kondisi optimal proses pembuatan nitroselulosa dari serabut kelapa dicapai pada rasio H_2SO_4 95% terhadap HNO_3 65% sebesar 7:3 dengan waktu nitrasi selama 90 menit. Pada kondisi ini diperoleh *yield* produk sebesar 95,8% dengan kadar nitrogen sebesar 11,12% dan termasuk dalam kualitas *A grades* serta di bidang industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *plastic* dan *lacquer*.
5. Produk yang diperoleh pada kondisi optimal, hasil analisisnya menggunakan FTIR menunjukkan bahwa telah terbentuk nitroselulosa yang ditandai dengan munculnya dua serapan gugus $-NO_2$, sehingga termasuk dalam jenis selulosa di-nitrat.

DAFTAR PUSTAKA

Austin, G. T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries*. Mc.Graw Hill International Edition. Singapura.

Chesson, A. 1981. *Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms*. J. Sci. Food Agric. 32:745–758.

Dadal. 1984. *Inclusion of Nitrate and Nitrite in The Kjeldahl Nitrogen Determination of Soils and Plant Materials Using Sodium Thiosulphate*. Queensland Wheat Research Institute. Toowoomba 4350. Australia.

Hartaya, K. 2008. Pembuatan Nitroselulosa dari Bahan Selulosa sebagai Komponen Utama Propelan Double Base, Laporan Penelitian. LAPAN.

Hartaya, K. 2009. Analisis Kurva FTIR untuk Nitroselulosa, Nitroglicerol, dan Propelan *Double Base* sebagai dasar Penentuan Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa, Laporan Penelitian. LAPAN.

Nuraini, Padil, Yelmida. 2010. Proses Pembuatan Nitroselulosa dari Limbah Pelelah Sawit. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, 1-10.

Nuringtyas, Tri Rini. 2010. Karbohidrat. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.

Purnawan. 2010. Optimasi Proses Nitrasi pada Pembuatan Nitroselulosa dari Serat Industri Limbah Sagu. Jurusan Teknik Lingkungan, IST AKPRIND. Yogyakarta.

Saragih, E. 2013. Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelelah Sawit dengan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) sebagai Bahan Baku Pembuatan Propelan. Cetakan Pertama. UI Press : Jakarta.

Mc Graw Hill Book Company. Inc. New York.

Syahputra, M. 2011. Kajian Proses Isolasi α -selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Plectranthus Rotundifolius* yang Efisien. Universitas Diponegoro.

Ullmann's. 2006. Chemical Properties Handbook, Encyclopedia of Industria Chemistry. McGraw Hill Companies. New York.

Zulfieni, W.Y. 2011. *Research into Hidrolisis Pelelah Sawit Untuk Memurnikan Selulosa- α Menggunakan Larutan Pemasak dari Ekstrak Abu TKS*, Skripsi. Universitas Riau