

PEMBUATAN NITROSELULOSA DARI KULIT KACANG TANAH (*Arachis hypogaea L.*)
(Variabel Waktu Nitiasi dan Rasio Asam Penitiasi)

Aji Wisnu Handono, Bambang Kusmartono

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
ajiwisnu.h@gmail.com

INTISARI

Nitroselulosa merupakan salah satu bahan dasar dari propelan jenis *single base* yang dibuat dengan nitiasi 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*. Kulit kacang tanah mengandung senyawa selulosa yang cukup tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan nitroselulosa.

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

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan, yaitu proses *pre-treatment* dan proses nitiasi. Proses *pre-treatment* bertujuan untuk meningkatkan kadar α -selulosa dalam bahan baku, melalui proses pre-hidrolisis, delignifikasi, dan *bleaching*. Sedangkan proses nitiasi 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 nitiasi akan memberikan hasil terbaik pada waktu reaksi 150 menit, perbandingan asam sulfat terhadap asam nitrat 7:3. Pada kondisi ini diperoleh *yield* sebanyak 91,0% dengan kandungan nitrogen sebesar 11,47% dan termasuk dalam kualitas *AM grades* serta di bidang industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *film* dan *lacquer*. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa telah terbentuk dua serapan gugus $-NO_2$ pada nitroselulosa, sehingga termasuk dalam jenis selulosa di-nitrat.

Kata kunci : Nitroselulosa, kulit kacang tanah, waktu nitiasi, rasio asam penitiasi

PENDAHULUAN

Keterbatasan pengolahan sumber daya alam merupakan kekurangan bangsa Indonesia. Salah satu sumber daya alam yang dapat dieksplorasi adalah kekayaan akan bahan baku selulosa. Selulosa adalah komponen dasar pada dinding sel dan serat tumbuhan. Sumber selulosa dapat ditemukan dalam berbagai macam tanaman yang ada di Indonesia, diantaranya adalah tanaman kacang tanah yang mengandung selulosa pada kulitnya. Kulit kacang tanah memiliki komposisi kimia yaitu air (9,5%), abu (3,6%), protein (8,4%), selulosa (63,5%), lignin (13,2%) dan lemak (1,8%) [Deptan 2008].

Pada umumnya, kacang tanah hanya dimanfaatkan pada dagingnya (isinya) saja untuk keperluan konsumsi maupun kebutuhan pangan lainnya, sedangkan kulitnya yang berperan menghasilkan limbah sejauh ini belum banyak dimanfaatkan, dan hanya sebatas digunakan sebagai bahan bakar tungku dapur. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2014 produksi kacang tanah di Indonesia mencapai 638.896 ton. Dengan jumlah produksi yang cukup besar tersebut, tentunya jumlah limbah kulit kacang tanah yang dihasilkan juga tidak sedikit. Sehingga

ada peluang untuk memanfaatkannya menjadi bahan dasar pembuatan nitroselulosa.

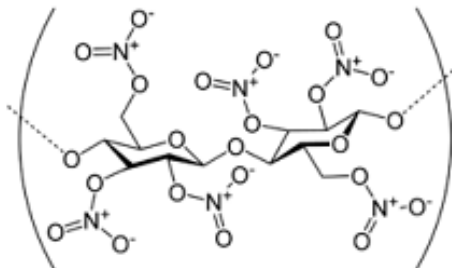
Nitroselulosa dibuat dengan nitiasi terhadap selulosa menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan air. Nitroselulosa dibuat dengan reaksi selulosa yaitu proses substitusi (penggantian) gugus $-OH$ dengan gugus $-ONO_2$. Di dalam industri, nitroselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar 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, butil, amil asetat, aseton, metil etil keton.
11,8 -12,3	<i>Film, Lacquer, Coated fabric, cement.</i>	Aseton
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].



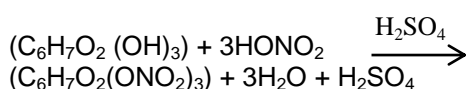
Gambar 1. Struktur Molekul Selulosa Nitrat

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 nitration 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 nitration 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].

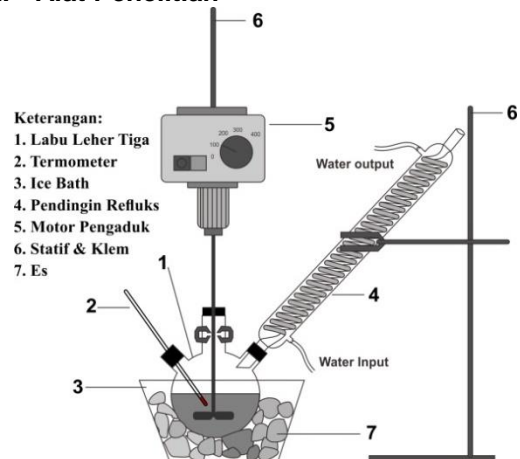
Metode analitik yang paling umum digunakan dalam penentuan kadar nitrogen adalah metode *Kjeldahl* [Sudarmadji, 1996]. Sedangkan analisis kualitatif dapat menggunakan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mendeteksi keberadaan gugus -NO₂ dalam nitroselulosa [Hartaya, 2008].

METODE PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

Selulosa diperoleh dari kulit kacang tanah. Larutan HNO₃ 65% dan larutan H₂SO₄ 95% digunakan sebagai pereaksi dalam reaksi nitration selulosa menjadi nitroselulosa. Larutan NaHCO₃ 10% dan aquadest digunakan sebagai zat pencuci hasil proses nitration. Dan larutan NaOH 17,5% digunakan dalam proses penghilangan lignin (lignifikasi) pada kulit kacang tanah. Bahan lainnya H₂O₂ 3%, HCl 0,1 N, CH₃COOH 10 %, Asam Borat 4%, H₂SO₄ 72%, H₂SO₄ 1 N, NaOH 40 % dan NaOH 8,3 %.

2. Alat Penelitian



Gambar 2. Rangkaian alat nitration

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.

3. 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].

4. Pre-treatment Bahan Baku

Kulit kacang tanah dicuci dengan air untuk menghilangkan kotorannya. Lalu dijemur atau dikeringkan dibawah sinar matahari selama dua hari. Kemudian diperkecil ukurannya menggunakan *blender* dan setelah itu diayak pada ukuran 20 – 50 *mesh*.

Proses pre-hidrolisis: Sampel dimasak dalam aquadest pada suhu 100 °C selama 1 jam, dengan rasio bahan terhadap cairan pemasak 1:6, lalu serat yang didapat dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C [Nuraini, 2011].

Proses Delignifikasi: Serat didelignifikasi dalam larutan NaOH 17,5% pada suhu 100°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 [Anonim, 2009].

Proses pemurnian (bleaching): Proses pemurnian dilakukan dengan hidrogen peroksida selama 1 jam pada suhu 70 °C, dengan rasio berat serat terhadap volume H₂O₂ 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].

5. Proses Pembuatan Nitroselulosa

Merangkai alat untuk proses nitrasi, Lalu memasukkan 100 mL campuran H₂SO₄ 95% dan HNO₃ 65% dengan perbandingan 1:4 ke dalam labu leher tiga, dan suhu didalam labu diatur antara 10-15 °C. Kemudian 5 gram sampel dimasukkan ke dalam campuran asam tersebut. Labu ditutup rapat dengan lak, kemudian motor pengaduk dihidupkan pada kecepatan pengadukan 100 rpm. Proses nitrasi dilakukan selama waktu yang telah divariasikan (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit). Kemudian sampel dicuci dengan aquadest dingin dan larutan NaHCO₃ 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), 3:1, dan 4:1), dan dengan menjaga parameter lainnya tetap.

6. 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, massa jenis, dan daya larut).

HASIL & PEMBAHASAN

1. 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 = 62 %
Kadar lignin = 15 %

2. Analisis Kadar Air Bahan Baku

Hasil analisis kadar air dalam bahan baku adalah 6,6 %. 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.

3. 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)	68 %
2.	Delignifikasi (NaOH)	87 %
3.	Bleaching (H ₂ O ₂)	94 %

4. Analisis yield Produk

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

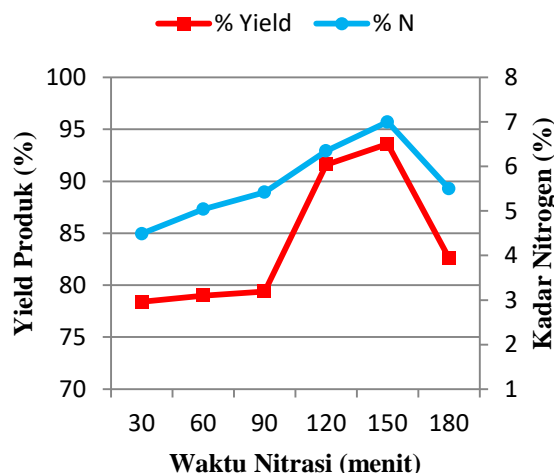
5. Analisis Kadar Nitrogen

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.

6. Pengaruh Waktu Nitrasi terhadap Yield Produk & Kadar Nitrogen

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

No	Waktu Nitrasi	Yield	% N
1.	30 menit	78,4 %	4,49 %
2.	60 menit	79,0 %	5,04 %
3.	90 menit	79,4 %	5,42 %
4.	120 menit	91,6 %	6,35 %
5.	150 menit	93,6 %	7,00 %
6.	180 menit	82,6 %	5,50 %



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

Pada percobaan optimasi waktu nitrasi ini, yield produk dan kadar nitrogen terbesar didapatkan pada waktu 150 menit. Dengan demikian maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk nitrasi, 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-180, 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 nitrasi dengan variasi rasio asam campuran penitrasi.

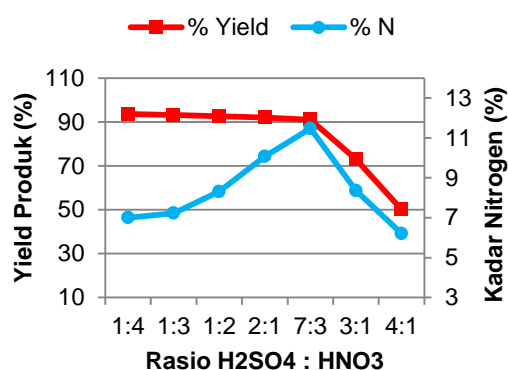
7. Pengaruh Rasio Asam Penitrasi terhadap Yield Produk & Kadar Nitrogen

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 berikut:

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

No	H ₂ SO ₄ : HNO ₃	% Yield	% N
1.	1:4	93,6 %	7,00 %
2.	1:3	93,2 %	7,23 %
3.	1:2	92,6 %	8,31 %
4.	2:1	92,0 %	10,07 %
5.	7:3	91,0 %	11,47 %
6.	3:1	73,0 %	8,36 %
7.	4:1	50,0 %	6,20 %



Gambar 4. Pengaruh Rasio Asam Penitrasi terhadap Yield Produk

Secara keseluruhan persentase produk mengalami penurunan karena ada sebagian selulosa yang ikut terdestruksi dan larut dalam H₂SO₄ sehingga ikut terbang pada saat penyaringan. Jadi semakin besar rasio H₂SO₄ terhadap HNO₃, maka yield

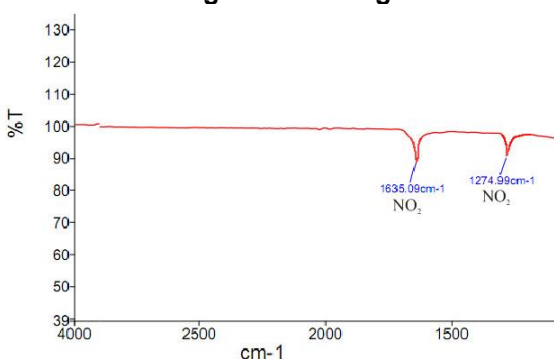
produknya akan semakin berkurang (Gambar 4). Hal ini dikarenakan konsentrasi H_2SO_4 menjadi semakin pekat dibanding konsentrasi HNO_3 sehingga bersifat destruktif.

Dari Tabel 4 dan Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa perbandingan asam campuran sangat berpengaruh terhadap kadar nitrogen dalam produk, dimana H_2SO_4 selain sebagai katalis juga sebagai *dehydrating agent* yang berfungsi sebagai pengikat air yang terbentuk pada reaksi nitrasasi. Pada saat jumlah H_2SO_4 kecil maka semakin banyak air yang tidak terikat sehingga akan menghambat substitusi gugus $-OH$ oleh gugus $-NO_2$. Sebaliknya, jika jumlah H_2SO_4 semakin besar maka H_2SO_4 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 ($H_2SO_4 : HNO_3$).

Di atas perbandingan 7:3, kadar nitrogen mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan jika H_2SO_4 berlebihan maka 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.

Hasil optimum pada rasio asam campuran 7:3 ($H_2SO_4 : HNO_3$) yang menunjukkan kadar 11,47% merupakan capaian yang cukup baik, mengingat kadar nitrogen maksimum teoritis pada nitroselulosa sebesar 14,14%.

8. Analisis Gugus Nitro dengan FTIR



Gambar 5. Spektrum FTIR Nitroselulosa pada Rasio 7:3 ($H_2SO_4 : HNO_3$)

Keberhasilan proses nitrasasi 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 $-NO_2$. Fordham

(2013) melakukan estimasi kadar nitrogen pada nitroselulosa berdasarkan derajat substitusi gugus $-NO_2$ pada selulosa. Nitroselulosa dengan derajat substitusi satu memiliki kadar nitrogen >7,3% dan derajat substitusi dua memiliki kadar nitrogen >12,73% serta derajat substitusi tiga memiliki kadar nitrogen >16,86%. 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%.

PENUTUP

1. Kesimpulan

- Proses *pre-treatment* dapat meningkatkan kadar α -selulosa dalam kulit kacang tanah yaitu sebesar 94,0%. Sehingga kandungan selulosa dalam kulit kacang tanah dapat dimanfaatkan untuk pembuatan nitroselulosa.
- Pengaruh waktu terhadap *yield* produk & kadar N, adalah semakin lama waktu nitrasasi 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.
- 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.
- Kondisi optimal proses pembuatan nitroselulosa dari kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) dicapai pada rasio H_2SO_4 95% terhadap HNO_3 65% sebesar 7:3 dengan waktu nitrasasi selama 150 menit. Pada kondisi ini diperoleh *yield* produk sebesar 91% dengan kadar nitrogen sebesar 11,47% dan termasuk dalam kualitas *AM grades* [Anonim, 2012] serta di bidang industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *film* dan *lacquer*.
- 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.

2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- Sebaiknya larutan HNO_3 yang digunakan untuk proses nitrasi memiliki konsentrasinya >65%, agar nitroselulosa yang dihasilkan memiliki kadar nitrogen yang lebih tinggi.
- Penelitian ini masih menghasilkan pertukaran dua buah gugus $-\text{NO}_2$ yang sempurna, oleh karena itu agar menghasilkan pertukaran tiga buah gugus $-\text{NO}_2$ secara sempurna dapat dilakukan nitrasi bertingkat dengan N_2O_3 (nitrogen trioksida) sehingga dihasilkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen yang lebih tinggi.
- Produk nitroselulosa hasil penelitian ini masih berwarna kuning pekat, agar diperoleh produk dengan warna yang lebih putih maka proses *pre-treatment* bahan baku bisa menggunakan metode soda-klor maupun soda-nitrat. Selain itu sebaiknya saat pencucian nitroselulosa hasil nitrasi larutan yang digunakan adalah etanol 95%, karena larutan NaHCO_3 dapat menyebabkan warna produk berubah menjadi kuning.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Dikutip dari <http://wikipedia.com/natrium-hidroksida/> yang diakses pada tanggal 01 Desember 2015, pukul 13.12 WIB.
- Anonim. 2010. Dikutip dari <http://wahyurahman92.blogspot.co.id/2010/10/analisa-kadar-nitrogen.html/> yang diakses pada tanggal 01 Desember 2015, pukul 13.18 WIB.
- Anonim. 2012. Dikutip dari <http://dowwolffcellulosics.com/> yang diakses pada tanggal 11 Desember 2015, pukul 10.30 WIB.
- Anonim. 2014. Dikutip dari <http://bps.go.id/> yang diakses pada tanggal 11 November 2015, pukul 13.20 WIB.
- Anonim. 2014. Dikutip dari <http://deptan.go.id/> yang diakses pada tanggal 11 November 2015, pukul 13.30 WIB.
- 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.
- Dalal. 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.
- Fordham, S. 1980. *Height Explosives and Propellants*, Ed. II. Pergamonpress: New York.
- 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, Nitrogliserin, 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.
- Shreve, R.N. 1977. *The Chemical Process Industries, second ed.* pp. 630-660. 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.