

Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa- α Pelepah Sawit dengan Variasi Waktu Nitrasi dan Rasio Bahan Baku Terhadap Asam Penitrasi

R. Fani Miranda

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
miranda_fani@yahoo.com

ABSTRAK

Nitroselulosa merupakan bahan utama pembuatan bahan bakar roket (propelan). Nitroselulosa dihasilkan dari proses nitrasi yaitu reaksi substitusi (penggantian) H^+ dari gugus OH dalam selulosa dengan gugus $-NO_2^+$ dari asam nitrat. Selulosa yang digunakan yaitu limbah pelepah sawit yang saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi terbaik pada proses nitrasi selulosa dengan memvariasikan waktu nitrasi dan rasio bahan baku terhadap asam penitrasinya sehingga dihasilkan nitroselulosa yang memiliki kadar nitrogen tinggi. Proses pemurnian limbah pelepah sawit berupa ekstraksi, hidrolisis, delignifikasi dan pemurnian dengan enzim xylanase yang berfungsi untuk mendegradasi xilan kemudian dinitrasi dengan HNO_3 dan H_2SO_4 . Proses nitrasi dilakukan dengan memvariasikan waktu nitrasi dan rasio bahan baku terhadap asam penitrasinya. Dari penelitian diperoleh hasil pemurnian selulosa- α dengan enzim xylanase sebesar 96,25%. Kemudian dilakukan proses nitrasi diperoleh kondisi terbaik yaitu rasio 1:40 selama 90 menit. Berdasarkan hasil uji dengan spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) diketahui terjadi pertukaran dua gugus NO_2 terhadap gugus OH. Hasil tersebut di estimasi memiliki kadar nitrogen > 12,73% sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar roket (propelan).

Kata kunci: Nitroselulosa, Nitrasi, Pelepah Sawit, Propelan, FTIR

1 Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sawit merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mempunyai peranan sangat penting dalam upaya peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani. Selain menghasilkan bahan baku untuk bahan industri pengolahan dan sumber pangan, kelapa sawit mampu menciptakan lapangan kerja namun kelapa sawit juga menghasilkan limbah. Jenis limbah kelapa sawit adalah limbah padat dan cair. Limbah padat kelapa sawit adalah tandan kosong, pelepah, cangkang dan lain-lain. Limbah sawit berupa pelepah merupakan potensi limbah yang dapat dimanfaatkan menjadi pakan ternak, papan partikel, pulp kertas dan energi (Dirjen PPHP, 2006).

Luas areal perkebunan sawit di Propinsi Riau pada bulan Maret 2012 mencapai 2,2 juta hektar (Anggoro, 2012). Dalam satu tahun, jumlah pelepah sawit yang

dihasilkan perkebunan sawit sekitar 6,3 ton per hektar (Litbang Deptan, 2009). Berdasarkan data tersebut, maka Riau yang memiliki luas perkebunan sawit sekitar 2,2 juta hektar menghasilkan limbah pelepah sawit sekitar 13,86 juta ton per tahun. Potensi limbah pelepah sawit sebagai sumber serat ini belum dimanfaatkan secara optimal.

Limbah pelepah sawit mengandung Selulosa - α (34,89%), Hemiselulosa (27,14%), dan Lignin (19,87%) (Padil dan Yelmida, 2009). Kadar selulosa pada limbah pelepah sawit sangat potensial untuk diolah menjadi turunan produk selulosa selanjutnya (Tarmansyah, 2007). Selulosa limbah pelepah sawit dapat diolah menjadi nitroselulosa. Nitroselulosa merupakan bahan utama pembuatan bahan bakar roket yaitu propelan. Selain itu, pemanfaatan pelepah sawit sebagai bahan baku diharapkan bisa mengurangi limbah perkebunan dan industri di Indonesia.

Roket FFAR (Fin Folded Aerial Rocket) adalah roket senjata yang digunakan oleh angkatan perang di Indonesia. Roket ini menggunakan bahan bakar double base yang komponen utamanya adalah Nitroselulosa dan Nitrogliserin. Selama ini kebutuhan terhadap propelan di impor dari Amerika dan India. Berdasarkan hal tersebut Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia dalam buku putih Indonesia 2005-2025 menetapkan arah penelitian dan pengembangan teknologi pertahanan keamanan dengan salah satu rencana agenda pengembangan yaitu produksi Propellan, disamping itu teknologi yang harus dikuasai adalah teknologi bahan baku peledak dan pendorong serta teknologi material (Kemenristek RI, 2006).

1.2. Perumusan Masalah

Pemanfaatan nitroselulosa saat ini sangat luas, diantaranya pemanfaatan nitroselulosa sebagai bahan pembuatan cat dan perekat. Penggunaan lainnya adalah sebagai bahan peledak atau sebagai bahan bakar roket. Nitroselulosa yang terbuat dari proses nitrasi selulosa merupakan bahan baku utama dalam pembuatan bahan bakar roket.

Wirayudha (2011) melakukan nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa dari bahan baku *reject pulp* dengan kadar selulosa- α 86,87% menggunakan reagen penitrasi asam nitrat dalam media asam sulfat pada temperatur $<15^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Pada penelitian ini nitroselulosa yang dihasilkan memiliki kadar nitrogen sebesar 7,3%, nitroselulosa yang dihasilkan masih belum bisa digunakan untuk pembuatan propelan ataupun bahan peledak.

Yulia (2011), melakukan hidrolisis dan proses delignifikasi limbah pelepah sawit untuk memurnikan selulosa- α menggunakan larutan pemasak dari ekstrak abu tandan kosong sawit (TKS) dengan rasio bahan baku terhadap cairan pemasak 1 : 8 dan waktu reaksi selama 1 jam, diperoleh kadar selulosa tertinggi sebesar 86,12%. Desriani (2012) melakukan nitrasi terhadap selulosa- α dari limbah pelepah sawit menggunakan reagen penitrasi asam nitrat dan asam sulfat dengan variasi rasio selulosa limbah pelepah sawit dengan asam nitrat dan kecepatan pengadukan. Hasil

penelitian juga belum menemukan kondisi optimum untuk reaksi nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa.

Pada penelitian ini, selulosa- α dari pelepah sawit dengan kadar 86,12% diurnikan lebih lanjut menggunakan enzim xylanase. Sehingga diperoleh kadar selulosa yang lebih tinggi (kemurniannya lebih tinggi). Kadar selulosa- α diharapkan setelah melalui proses pemurnian selulosa- α meningkat menjadi > 92%. Pemurnian selulosa- α dilakukan pada pH 5 dengan temperatur 60°C dan waktu 90 menit (Tjohjono, 2006).

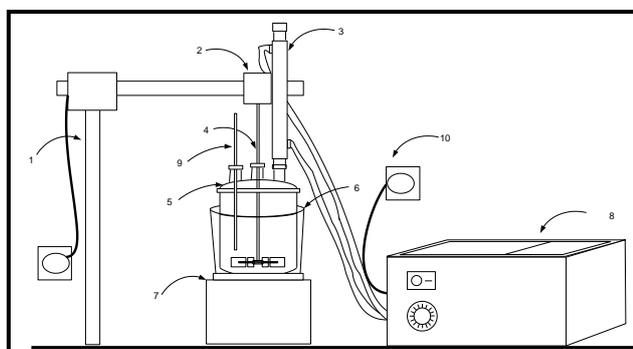
Selulosa- α dari pelepah sawit hasil pemurnian dengan enzim xylanase, selanjutnya dilakukan proses nitrasi menggunakan reagen penitrasi asam sulfat dan asam nitrat dengan memvariasikan waktu nitrasi dan rasio bahan baku terhadap pelarut. Diharapkan nitroselulosa yang diperoleh dari proses nitrasi selulosa- α pelepah sawit yang telah dimurnikan dengan enzim xylanase, mempunyai kadar N > 12 % sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan propelan.

2 Metodologi

2.1. Alat dan Bahan yang digunakan

2.1.1. Alat

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat reaktor nitrasi yang dilengkapi dengan statip, motor pengaduk, kondensor, four blade, reaktor 1 L, Wadah pendingin, penyangga, sirkulasi air kondensor, termometer dan sumber arus listrik. Gambar alat Nitrasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Keterangan Gambar:

1. Statip
2. Motor pengaduk
3. Kondensor
4. Four blade
5. Reaktor 1 L
6. Wadah Pendingin
7. Penyangga
8. Sirkulasi air kondensor
9. Termometer
10. Sumber arus listrik

Gambar 2.1 Rangkaian Alat Nitrasi

2.1.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pelepah sawit, asam nitrat (HNO_3) 65%, asam sulfat (H_2SO_4) 97%, natrium hidroksida (NaOH) 17.5%, kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0.5 N, indikator feroin, ferrous ammonium sulfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.1 N, ekstrak abu tandan kosong sawit (TKS), aquadest.

2.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap adalah rasio asam nitrat dan asam sulfat, Variabel bebas adalah

waktu nitration (30 ; 60 ; dan 90 menit) dan rasio bahan baku terhadap pelarut (1:40 ; 1:50 dan 1:60).

2.3. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap penelitian terdiri dari preparasi bahan baku, hidrolisis dan delignifikasi, pemurnian selulosa- α , analisa selulosa- α , proses nitration dan analisa hasil.

Ekstraksi

Jenis ekstraksi yang digunakan adalah sokletasi dengan menggunakan pelarut hexane. Proses sokletasi ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat ekstraktif pada pelepah sawit. Pelepah sawit yang telah diseragamkan ukurannya (20-40 mesh) dan dikeringkan sampai kadar airnya 10% kemudian diekstraksi selama 6 jam. Tahap ekstraksi ini berdasarkan TAPPI T-222 CM-98.

3.3.2 Proses *Cooking* (Pemasakan)

Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap pertama dalam pemasakan. Hidrolisis bertujuan untuk mempercepat penghilangan pentosan (hemiselulosa) dalam bahan baku pada waktu pemasakan. Kondisi hidrolisis pada temperatur maksimum 100⁰C, rasio bahan baku terhadap larutan pemasak ekstrak abu TKS 1:8 dan waktu pemasakan 1 jam. Setelah proses hidrolisis, filtrat dikeluarkan dan dilanjutkan dengan proses delignifikasi (Yulia, 2011).

Delignifikasi

Delignifikasi pelepah sawit bertujuan untuk mendapatkan selulosa yang memiliki kadar lignin rendah. Proses delignifikasi dilakukan setelah proses hidrolisis. Hasil hidrolisis disaring dan dicuci dengan air panas untuk menghilangkan lindi hitam. Residu ditambahkan dengan larutan pemasak ekstrak abu TKS yang baru dengan nisbah padatan larutan 1:4, kondisi delignifikasi pada temperatur 100⁰C dan waktu 30 menit. Selanjutnya residu dicuci hingga pH netral (Yulia, 2011).

3.3.3 *Pemurnian Selulosa - α*

Bahan baku berupa limbah pelepah sawit kemudian dilakukan pemurnian tahap lanjut menggunakan metode pemurnian selulosa- α dengan enzim xylanase. Kadar selulosa - α diharapkan setelah melalui proses pemurnian selulosa- α meningkat menjadi > 92%. Pemurnian selulosa- α dilakukan pada pH 5 dengan temperatur 60⁰C dan waktu 90 menit (Tjohjono,2006).

Proses Nitration

Proses nitration dilakukan menggunakan reagen penitration HNO₃ dan H₂SO₄ dalam reaktor nitration untuk mendapatkan nitroselulosa. Pada nitration yang dilakukan menggunakan variabel tetap yaitu temperatur 15–30⁰C (Nuraini, 2012) perbandingan antara HNO₃ terhadap H₂SO₄ = 1:2 (Lunge dalam Urbanski, 1965) dan kecepatan pengadukan 160 rpm (Desriani, 2012). Sedangkan variabel berubah yaitu waktu

nitirasi 30 ; 60 dan 90 menit, variasi bahan baku terhadap pelarut yaitu 1:40 ; 1:50 dan 1:60. Selulosa pelepah sawit dan reagen penitirasi dimasukkan ke dalam reaktor agar bereaksi. Nitroselulosa hasil reaksi dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian kadar nitrogen dan analisa spektrum FTIR.

Analisa Hasil

3.3.5.1. Pengamatan Titik Nyala

Pengamatan titik nyala dilakukan pada setiap hasil nitroselulosa yang dihasilkan. Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa nitroselulosa yang dihasilkan langsung terbakar habis ketika dibakar. Semakin cepat nitroselulosa terbakar maka semakin tinggi kadar nitrogen didalam nitroselulosa tersebut.

3.3.5.2 Analisa Spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Untuk mengetahui keberhasilan proses nitirasi dilakukan analisa menggunakan spektrofotometer FTIR. Dari hasil uji tersebut akan didapatkan spektrum FTIR dari nitroselulosa hasil tiap-tiap variasi variabel. Spektrum FTIR kemudian dianalisa apakah ada serapan gugus $-NO_2$ berkisar pada angka gelombang $1390-1260\text{ cm}^{-1}$ serta $1700-1600\text{ cm}^{-1}$ sedangkan serapan gugus $-OH$ berada pada $3600 - 3200\text{ cm}^{-1}$ (Hartaya, 2008).

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Selulosa- α

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah pelepah sawit yang didapat dari perkebunan sawit Fakultas Pertanian Universitas Riau. Analisa selulosa- α dilakukan dengan metode SNI 0444-2-2009 di Laboratorium Dasar Teknik, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau. Analisa selulosa- α bertujuan untuk mengetahui kadar selulosa- α dari pelepah sawit. Selulosa- α merupakan penentu kemurnian dari selulosa.

Dari hasil analisa, didapatkan kadar selulosa- α setelah proses pemurnian dengan enzim xylanase yaitu sebesar 96,25%. Selulosa- α yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Yulia [2011] yaitu sebesar 86,12 %. Hasil analisa juga lebih tinggi dibandingkan dengan Tarmansyah [2007] yang menghasilkan selulosa- α dari serat rami yaitu 94.04%. Hal ini dikarenakan metode pemurnian menggunakan enzim xylanase berfungsi untuk menghidrolisis hemiselulosa didalam sampel sehingga meningkatkan kemampuan ekstraksi lignin yang secara tidak langsung akan meningkatkan kadar selulosa- α didalam sampel (Buchert *et al.*, 1998). Aksi xylanase dalam proses pemurnian yaitu memecahkan ikatan *xylose-xylose* dalam rantai xilan sehingga mengakibatkan pecahnya ikatan antara sisa lignin dengan karbohidrat.

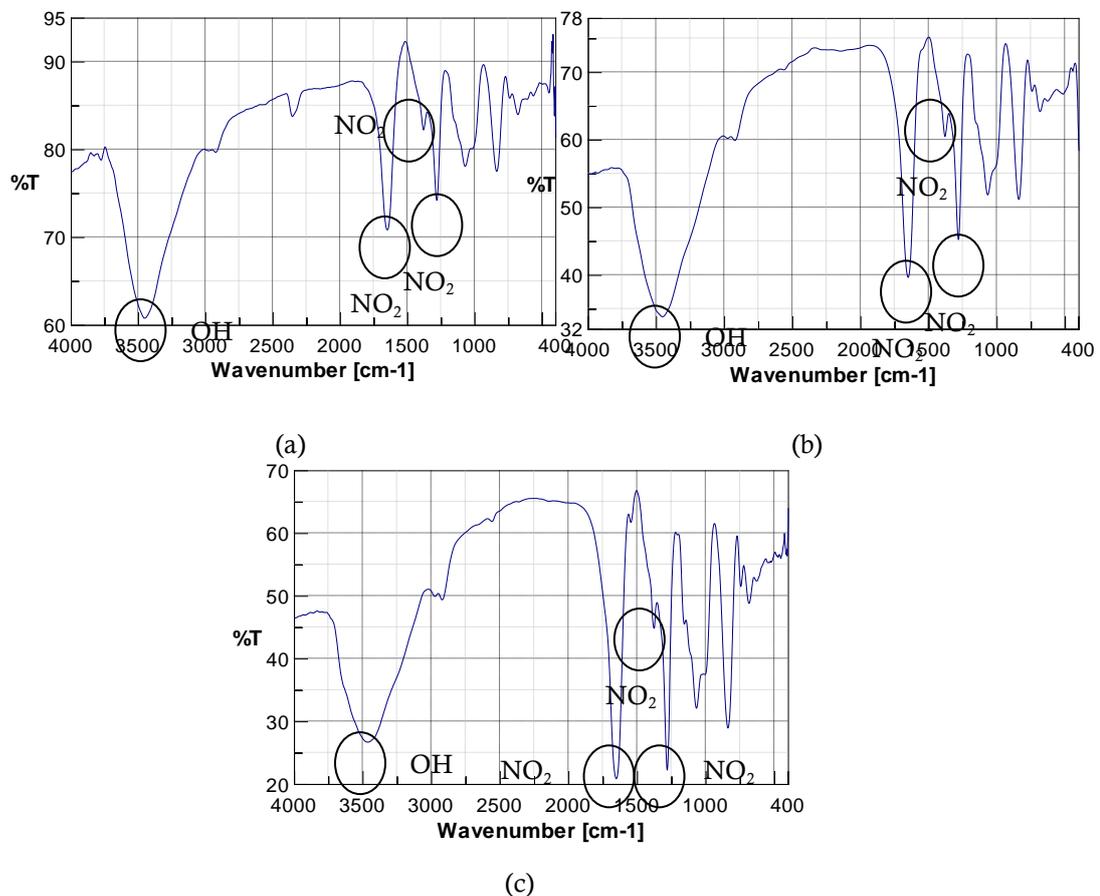
Selulosa- α yang dihasilkan kemudian dilakukan proses nitirasi dengan menggunakan asam penitirasi HNO_3 dan H_2SO_4 untuk menghasilkan nitroselulosa. Kadar selulosa- α > 92% dapat dibuat nitroselulosa yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak. Sedangkan kadar

selulosa- α < 92% dapat digunakan untuk pembuatan nitroselulosa yang dapat digunakan untuk bahan baku industri lain seperti industri kertas dan industri sandang/kain (Tarmansyah, 2007). Oleh karena itu, selulosa- α yang telah dihasilkan memenuhi syarat untuk pembuatan nitroselulosa sebagai bahan baku utama pembuatan propelan.

3.2 Analisa Fourier Transform Infra Red (FTIR)

3.2.1. Variasi Waktu Nitiasi

Keberhasilan proses nitiasi dapat dibuktikan dengan analisa kualitatif (identifikasi) menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Spektrum FTIR nitiasi terhadap selulosa- α pelepah sawit dengan variasi waktu nitiasi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Spektrum FTIR Nitroselulosa dengan variasi waktu nitiasi (a) 30 menit ; (b) 60 menit dan (c) 90 menit.

Gambar 3.1 menunjukkan setelah dilakukan uji FTIR untuk hasil nitroselulosa, ternyata terdapat puncak-puncak pada frekuensi 1260 -1390 cm^{-1} dan 1560 – 1660 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus nitro (-NO₂) serta pada masih adanya puncak pada rekuensi 3200 - 3600 cm^{-1} yang menunjukkan masih adanya gugus hidroksil (-OH). Gambar 3.1 menunjukkan terdapat 3 gugus nitro (-NO₂) namun gugus ke-3 belum tersubstitusi sempurna sehingga hanya terdapat 2 gugus yang tersubstitusi

sempurna. Pada tabel 3.1 ditampilkan perbandingan puncak-puncak gugus $-NO_2$ dan puncak gugus $-OH$ untuk variasi waktu nitrasi.

Tabel 3.1 Gugus Fungsi $-NO_2$ dan $-OH$ pada nitroselulosa dengan variasi waktu nitrasi

Gugus Fungsi	Waktu Nitrasi					
	30 menit		60 menit		90 menit	
	Frekuensi (cm ⁻¹)	% T	Frekuensi (cm ⁻¹)	% T	Frekuensi (cm ⁻¹)	% T
-NO ₂	1283	74	1283	45	1283	22
	1384	82	1384	61	1384	45
	1640	71	1640	40	1640	21
-OH	3445	61	3445	34	3445	27

Pada Tabel 3.1 menunjukkan untuk waktu nitrasi 30 menit telah tersubsitisi 3 gugus H⁺ pada reaksi nitrasi yaitu dibuktikan pada frekuensi 1283 cm⁻¹ dengan nilai %T 74, frekuensi 1384 cm⁻¹ dengan nilai %T 82 dan frekuensi 1640 cm⁻¹ dengan nilai %T 71. Pada waktu nitrasi 60 menit juga telah tersubsitisi 3 gugus H⁺ pada reaksi nitrasi yaitu dibuktikan pada frekuensi 1283 cm⁻¹ dengan nilai %T 40, frekuensi 1384 cm⁻¹ dengan nilai %T 61 dan frekuensi 1640 cm⁻¹ dengan nilai %T 45. Sedangkan untuk waktu nitrasi 90 menit juga telah tersubsitisi 3 gugus H⁺ pada reaksi nitrasi yaitu dibuktikan pada frekuensi 1283 cm⁻¹ dengan nilai %T 22, frekuensi 1384 cm⁻¹ dengan nilai %T 45 dan frekuensi 1640 cm⁻¹ dengan nilai %T 21.

Dari data tersebut diketahui bahwa waktu nitrasi berperan dalam reaksi nitrasi nitroselulosa, ditandai dengan terjadinya pertukaran tiga gugus pada masing-masing variasi. Dari ketiga variasi waktu tersebut diperoleh waktu nitrasi terbaik yaitu pada 90 menit. Hal tersebut ditandai dengan nilai %T yang lebih kecil dibandingkan dengan kedua variasi lainnya. Besar kandungan Nitrogen ditunjukkan dengan tingkat ketajaman puncak, yang dinyatakan dalam %Transmittan. Semakin kecil nilai % T, kandungan nitrogen didalamnya semakin besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan nitrogen terbesar di dalam nitroselulosa pada variasi waktu nitrasi 90 menit.

Besar kandungan nitrogen ditunjukkan tingkat ketajaman puncak, yang dinyatakan dalam %Transmittan. Transmittan merupakan fraksi daya cahaya yang diteruskan dengan daya cahaya yang masuk. Jadi, semakin rendah transmittan, maka kandungan Nitrogen (gugus nitro) semakin besar. Nitroselulosa yang dihasilkan terlihat telah mensubsitisi 3 gugus $-NO_2$, namun gugus ke-3 (frekuensi 1384 cm⁻¹) belum tersubsitisi dengan sempurna karena puncak yang dihasilkan tidak terlalu tajam. Oleh karena itu, hanya terdapat 2 gugus $-NO_2$ yang tersubsitisi dengan sempurna.

Fordham (1980), melakukan estimasi kadar nitrogen berdasarkan derajat substitusi pada selulosa. Nitroselulosa dengan derajat substitusi satu memiliki %N sebesar 7,3%, nitroselulosa dengan derajat substitusi dua memiliki %N sebesar 12,73% dan

nitroselulosa dengan derajat substitusi tiga memiliki %N sebesar 16,86%. Sehingga, nitroselulosa dengan variasi waktu yang dilakukan diestimasi memiliki kadar nitrogen >12.73 % karena telah mensubstitusi lebih dari 2 gugus H⁺.

4.2.2. Variasi Bahan Baku terhadap Asam Penitrasi

Keberhasilan proses nitration dapat dibuktikan dengan analisa kualitatif (identifikasi) menggunakan spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) seperti halnya pada variasi waktu nitration. Pada tabel 3.2 ditampilkan perbandingan puncak-puncak gugus -NO₂ dan puncak gugus -OH untuk variasi bahan baku terhadap asam penitrasinya.

Tabel 3.2 Gugus Fungsi -NO₂ dan -OH pada nitroselulosa dengan variasi rasio bahan baku terhadap asam penitrasi

Gugus Fungsi	Rasio bahan baku : asam penitrasi					
	1:40		1:50		1:60	
	Frekuensi (cm ⁻¹)	% T	Frekuensi (cm ⁻¹)	% T	Frekuensi (cm ⁻¹)	% T
-NO ₂	1283	36	1283	45	1283	68
	1384	65	1384	61	1384	78
	1640	31	1640	40	1640	56
-OH	3445	38	3445	34	3445	46

Pada Tabel 3.2 menunjukkan untuk rasio 1:40 telah tersubstitusi 3 gugus H⁺ pada reaksi nitration yaitu dibuktikan pada frekuensi 1283 cm⁻¹ dengan nilai %T 36, frekuensi 1384 cm⁻¹ dengan nilai %T 65 dan frekuensi 1640 cm⁻¹ dengan nilai %T 31. Pada rasio 1:50 juga telah tersubstitusi 3 gugus H⁺ pada reaksi nitration yaitu dibuktikan pada frekuensi 1283 cm⁻¹ dengan nilai %T 45, frekuensi 1384 cm⁻¹ dengan nilai %T 61 dan frekuensi 1640 cm⁻¹ dengan nilai %T 40. Sedangkan untuk rasio 1:60 menit juga telah tersubstitusi 3 gugus H⁺ pada reaksi nitration yaitu dibuktikan pada frekuensi 1283 cm⁻¹ dengan nilai %T 68, frekuensi 1384 cm⁻¹ dengan nilai %T 78 dan frekuensi 1640 cm⁻¹ dengan nilai %T 56.

Dari data tersebut dapat dibuktikan rasio bahan baku terhadap asam penitrasi berperan dalam reaksi nitration nitroselulosa, ditandai dengan terjadinya pertukaran dua gugus pada masing-masing variasi. Dari ketiga variasi rasio bahan baku terhadap asam penitrasi tersebut diperoleh rasio terbaik yaitu pada 1:40. Hal tersebut ditandai dengan nilai %T yang lebih kecil dibandingkan dengan kedua variasi lainnya. Besar kandungan Nitrogen ditunjukkan dengan tingkat ketajaman puncak, yang dinyatakan dalam %Transmittan. Semakin kecil nilai % T, kandungan nitrogen didalamnya semakin besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan nitrogen terbesar di dalam nitroselulosa pada variasi rasio bahan baku terhadap asam penitrasi yaitu rasio 1:40.

Besar kandungan nitrogen ditunjukkan tingkat ketajaman puncak, yang dinyatakan dalam %Transmittan. Transmittan merupakan fraksi daya cahaya yang diteruskan

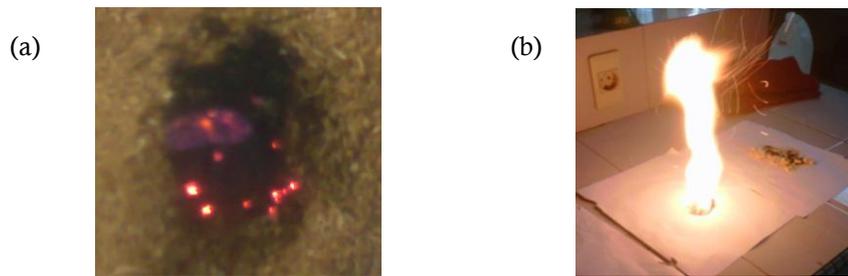
dengan daya cahaya yang masuk. Jadi, semakin rendah transmitten, maka kandungan Nitrogen (gugus nitro) semakin besar. Nitroselulosa yang dihasilkan terlihat telah mensubstitusi 3 gugus $-NO_2$, namun gugus ke-3 (frekuensi 1384 cm^{-1}) belum tersubstitusi dengan sempurna karena puncak yang dihasilkan tidak terlalu tajam. Oleh karena itu, hanya terdapat 2 gugus $-NO_2$ yang tersubstitusi dengan sempurna. Fordham (1980), melakukan estimasi kadar nitrogen berdasarkan derajat substitusi pada selulosa. Nitroselulosa dengan derajat substitusi satu memiliki %N sebesar 7,3%, nitroselulosa dengan derajat substitusi dua memiliki %N sebesar 12,73% dan nitroselulosa dengan derajat substitusi tiga memiliki %N sebesar 16,86%. Sehingga, nitroselulosa dengan waktu ini diestimasi memiliki kadar nitrogen $>12.73\%$ karena telah mensubstitusi lebih dari 2 gugus H^+ .

Dari hasil penelitian ini didapatkan kondisi terbaik dari nitrasi selulosa untuk variasi waktu nitrasi dan rasio bahan baku terhadap asam penitrasi yang dilakukan. Dan diperoleh kondisi terbaik yaitu dengan rasio 1:40 dengan waktu nitrasi 90 menit. Pada kurva FTIR, dapat dilihat bahwa serapan pada daerah sidik jari gugus nitro sudah ditemukan. Namun begitu, masih ditemukan adanya serapan gugus fungsi $-OH$ pada angka gelombang 3445 cm^{-1} . Oleh karena itu, pada penelitian ini reaksi nitrasi menghasilkan disubstitusi (pertukaran dua gugus) pada selulosa dan asam nitrat. Serapan ini bisa disebabkan oleh reaksi balik atau masih adanya gugus $-OH$ pada nitroselulosa yang terbentuk. Masih ditemukannya serapan gugus $-OH$ yang terlihat pada gambar dapat mengindikasikan reaksi pertukaran gugus $-OH$ dengan gugus $-NO_2$ belum berlangsung dengan sempurna (Hartaya, 2008). Reaksi nitrasi dikatakan sempurna apabila terjadi trisubstitusi pada selulosa (Fengel dan Wagener, 1995).

Ditemukannya dua gugus NO_2 pada nitroselulosa menunjukkan masih adanya satu gugus $-OH$ lain yang belum tersubstitusi. Belum tergantikannya gugus $-OH$ yang ketiga, dikarenakan hibridisasi C dalam bangun ruang nitroselulosa adalah sp^3 . Oleh karena bangun ruang maka efek sterik akan mengganggu penyerangan gugus $-NO_2$ terhadap gugus $-OH$. Nitrasi sempurna selulosa sulit dicapai dan harus dilakukan dengan 2 tahap. Tahap awal bisa dilakukan dengan asam nitrat dalam media asam sulfat dan dilanjutkan nitrasi dengan nitrogen trioksida (N_2O_3) yang dihasilkan melalui pemanasan asam sulfat (Hartaya, 2008).

Selain dengan menggunakan FTIR, juga dilakukan uji bakar terhadap selulosa dan nitroselulosa yang dihasilkan. Gambar 3.2 (a) menunjukkan selulosa dari pelepah sawit sebagai bahan baku meninggalkan arang dan laju bakarnya sangat lambat. Sedangkan gambar 3.2 (b) menunjukkan nitroselulosa yang dibakar langsung menghasilkan api berwarna merah menyala dan langsung habis terbakar.

Nitroselulosa tersebut juga menghasilkan percikan api yang merupakan ciri khas dari pembakaran nitroselulosa yang memiliki daya ledak, serta arah pembakaran yang keatas yang mengindikasikan memiliki daya dorong. Hal ini menunjukkan bahwa nitroselulosa yang dihasilkan memiliki kadar nitrogen yang tinggi serta telah berhasil merubah bahan dasar selulosa menjadi senyawa yang mengandung gugus nitro. \



Gambar 3.2: Uji bakar terhadap (a) selulosa dari pelepah sawit (b) nitroselulosa

4 Kesimpulan

4.1. Kesimpulan

1. Pemurnian lanjutan dengan menggunakan enzim xylanase menghasilkan kadar selulosa- α pelepah sawit 96,25 % sehingga bisa digunakan untuk pembuatan nitroselulosa dengan kadar nitrogen >12%.
2. Hasil nitrasi terhadap selulosa- α pelepah sawit menghasilkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen >12.73 % dan telah bisa digunakan untuk pembuatan propelan atau bahan bakar roket.
3. Kondisi terbaik nitrasi terhadap selulosa- α pelepah sawit yaitu pada rasio bahan baku terhadap asam penitrasi 1:40 selama 90 menit.

4.2. Saran

1. Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian lebih lanjut untuk pembuatan nitroselulosa bertingkat dengan menggunakan nitrogen trioksida (N_2O_3) agar mendapatkan pertukaran tiga gugus pada nitroselulosa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, R. 2012. 7,8 Persen Kebun Sawit dimiliki BUMN. <http://www.antarariau.com/berita/19019/7,8persen-kebun-sawit-dimilki-bumn>. 7 Maret 2012
- Buchert, J. Oksanen, T., Pere, J., Siika-Aho, M., Suurnakki, A. & Viikari, L. 1998. *Application of T. reesei enzymes in The Pulp and Paper Industri*. In: Harman, G.E & Kubicek, C.P. (eds). 1998. *Trichoderma and Gliocladium Vol.2 Enzymes, Biological Control and Commercial Application*. Taylor & Francis Ltd. London. 343 - 63.
- Ditjen PPHP. 2006. *Pedoman Pengolahan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Jakarta: Departemen Pertanian.
- Desriani, R. 2012. *Pembuatan Nitroselulosa dari Limbah Pelepah Sawit*. Skripsi, Universitas Riau.
- Fengel D., dan Wegener G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*. Translated from the English by H. Sastroamidjojo. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

-
- Fordham, S., 1980. *Height Explosives and Propellants Edisi II*. New York : Pergamon Press.
- Hartaya, K. 2008. *Pembuatan Nitroselulosa dari Bahan Selulosa sebagai Komponen Utama Propelan Double Base. Laporan Penelitian*, LAPAN.
- Kemenristek RI. 2006. *Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Pertahanan dan Keamanan. Buku Putih Indonesia 2005-2025*.
- Litbang Deptan. 2009. *Pengolahan Pelepah Kelapa Sawit Menjadi Pakan*. http://lolitikambing.litbang.deptan.go.id/ind/images/stories/pdf/pakan_komplit_pelepah_sawit.pdf. 01 Februari 2012
- Nuraini. 2012. *Pembuatan Nitroselulosa dari Limbah Pelepah Sawit Dengan Variasi Waktu Dan Temperatur Nitrasi*. Skripsi, Universitas Riau.
- Padil dan Yelmida A. 2009. *Produksi Nitro-Selulosa Sebagai Bahan Baku Propelan yang Berbasis Limbah Padat Sawit. Laporan Penelitian Hibah Penelitian Stranas Batch II*, Universitas Riau.
- SNI 0444-2-2009. 2009. *Pulp - Cara Uji Kadar Selulosa Alfa, Beta dan Gamma*. <http://sisni.bsn.go.id>. 8 Maret 2012.
- Tarmansyah, U.S. 2007. *Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa*. Puslitbang Indhan Balitbang Dephan, Jakarta Selatan.
- TAPPI. 1996. *TAPPI Test Method*. Atlanta: TAPPI Press.
- Urbanski, T. 1965. *Chemistry and Technology of Explosives Volume II*. Warszawa : Pergamon Press.
- Wirayudha, J. 2011. *Pembuatan Nitroselulosa dari Reject Pulp*, Skripsi, Universitas Riau.
- Yulia W. 2011. *Proses Cooking Pelepah Sawit Menggunakan Larutan Pemasak Dari Ekstrak Abu Tandan Kosong Sawit (TKS) untuk Meningkatkan Kadar Selulosa- α* , Skripsi, Universitas Riau.