

**PENGARUH TEMPERATUR REAKSI NITRASI TERHADAP
KARAKTER NITROSELULOSA HASIL SINTESIS DARI
SERAT KAPAS, KAPUK, DAN α -SELULOSA**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang kimia**

oleh :

RAHAYU KUSNITA

0710920046-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH TEMPERATUR REAKSI NITRASI TERHADAP KARAKTER NITROSELULOSA HASIL SINTESIS DARI SERAT KAPAS, KAPUK, DAN α -SELULOSA

Oleh :
RAHAYU KUSNITA
0710920046-92

Setelah dipertahankan di depan Majelis Pengaji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Moh. Farid Rahman, S.Si, M.Si.
NIP. 19700720 199702 1 001

Dr. Soebiantoro,Apt.,M.Sc.
NIP. 19490311 198203 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS
NIP. 19630404 198701 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : RAHAYU KUSNITA
NIM : 0710920046-92
Jurusan : KIMIA
Penulis skripsi berjudul :

PENGARUH TEMPERATUR REAKSI NITRASI TERHADAP KARAKTER NITROSELULOSA HASIL SINTESIS DARI SERAT KAPAS, KAPUK, DAN α -SELULOSA

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.
Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,.....
Yang menyatakan,

(RAHAYU KUSNITA)
NIM. 0710920046-92

PENGARUH TEMPERATUR REAKSI NITRASI TERHADAP KARAKTER NITROSELULOSA HASIL SINTESIS DARI SERAT KAPAS, KAPUK, DAN α -SELULOSA

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pembuatan nitroselulosa dari bahan baku selulosa menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 . Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur reaksi nitrasi terhadap karakter nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk, dan α -selulosa. Reaksi nitrasi dilakukan dengan menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 dengan perbandingan mol 0,5:0,3 (20,9 mL larutan HNO_3 65% (b/b) dan 27,7 mL larutan H_2SO_4 95-97% (b/b)), dengan variasi temperatur reaksi (10, 20, 25, 30, 35, 40, dan 45) $^{\circ}C$, serta lama nitrasi selama 60 menit. Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis dilakukan melalui interpretasi gugus fungsi dari spektrum FTIR nitroselulosa dan membandingkannya dengan spektrum FTIR sampel selulosa sebelum di nitrasi, serta menentukan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis menggunakan metode rasio absorbansi dari spektrum FTIR. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis dari spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi nitro dalam nitroselulosa hasil sintesis. Persentase mol nitrogen cenderung meningkat dengan meningkatnya temperatur reaksi. Sebaliknya, akan menurun setelah temperatur optimum tercapai. Temperatur optimum untuk reaksi nitrasi selulosa dari serat kapas adalah 25 $^{\circ}C$ dengan persentase mol nitrogen sebesar 62,49% dan derajat substitusi (DS) 1,87; untuk nitrasi selulosa dari serat kapuk adalah 30 $^{\circ}C$ dengan persentase mol nitrogen sebesar 44,71% dan DS 1,34 serta nitrasi selulosa dari α -selulosa serat kapuk adalah 20 $^{\circ}C$ dengan persentase mol nitrogen sebesar 36,94% dan DS 1,11

THE INFLUENCE OF NITRATION REACTION TEMPERATURE TOWARDS CHARACTERS OF NITROCELLULOSE PRODUCED FROM FIBERS OF COTTON, KAPOK, AND α -CELLULOSE

ABSTRACT

The research about synthesis nitrocellulose from raw material cellulose using a mixtures of HNO_3 and H_2SO_4 has been investigated. The aims of this research were to observe the influence of nitration temperature reaction from fibers of cotton, kapok, and kapok's fiber insulation of alphacellulose to characters of nitrocellulose synthesized. Nitration reaction has been done use a mixture of HNO_3 and H_2SO_4 with mole ratio of 0.3 : 0.5 (20.9 mL of HNO_3 65% (b/b) and 27.7 mL of H_2SO_4 95-97% (b/b)), with temperature variations are (10, 20, 25, 30, 35, 40 and 45) $^{\circ}\text{C}$, and the duration of nitration reaction was 60 minutes. The product characterization of nitrocellulose was evaluated by functional group interpretation from FTIR spectrum and it's compared with FTIR spectrum from native sample and also to determine moles percentage of nitrogen in nitrocellulose products using absorbance ratio method from FTIR spectrum. The results showed that the analysis of FTIR spectrum, indicate the presence of nitro functional groups in the nitrocellulose products. The mole percentages of nitrogen was increase as temperature raises, but in the other hand it will be decrease after the optimum temperature. The optimum temperature for the cellulose nitration reaction from cotton fiber was 25 $^{\circ}\text{C}$ with mole percentage of nitrogen was 62.94% and degree of substitution (DS) of 1.87; for the cellulose nitration from kapok fiber was 30 $^{\circ}\text{C}$ with mole percentage of nitrogen was 44.71% and DS of 1.34; and cellulose nitration of alphacellulose from kapok fiber was 20 $^{\circ}\text{C}$ with mole percentage of nitrogen was 36.94% and DS of 1.11.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul "**Pengaruh Temperatur Reaksi Nitrasi Terhadap Karakter nitroselulosa Hasil Sintesis Dari Serat Kapas, Kapuk, dan α -selulosa**". Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian. Ungkapan terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada:

1. Moh. Farid Rahman, S.Si, M.Si dan Dr. Soebiantoro, Apt., Msc selaku Dosen Pembimbing I dan II atas segala pengarahan, perhatian, tenaga, pikiran, kesabaran dan segala sesuatu yang telah diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Ir. Bambang Ismuyanto, MS. selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan semangat dan masukan kepada penulis selama masa studi.
3. Dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi ini
4. Dr. Sasangka Prasetyawan MS. selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya, staf pengajar, dan semua karyawan Jurusan Kimia atas semua bantuan yang diberikan.
5. Kedua orang tua yang selalu mengiringi penulis dengan doa, perhatian, dan kasih sayang, serta dukungan hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman di Jurusan Kimia atas doa dan dukungannya.

Akhir kata, penulis berharap bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Oktober 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa	5
2.1.1 Kapas Sebagai Sumber Selulosa	7
2.1.2 Kapuk Sebagai Sumber Selulosa	9
2.2 Nitroselulosa	12
2.3 Reaksi Nitrasi Selulosa Menjadi Nitroselulosa.....	13
2.4 Analisis Kuantitatif Melalui Spektroskopi Inframerah.....	17
2.5 Hipotesis	20

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1 Alat penelitian	21
3.2.2 Bahan sampel	21
3.2.3 Bahan penelitian.....	21
3.3 Tahapan Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.4.1 Preparasi larutan	22

3.4.2	Penentuan kadar α -selulosa dalam kapas	23
3.4.3	Nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa	24
3.4.4	Uji Fisik nitroselulosa	25
3.4.5	Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan Spektrofotomeer FTIR	25
3.4.6	Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis menggunakan metode perbandingan absorbansi	25
3.4.7	Penentuan derajat substitusi (DS) gugus nitro dalam nitroselulosa hasil sintesis	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Karakteristik Nitroselulosa Hasil Sintesis.....	29
4.2	Karakterisasi Nitroselulosa Hasil Sintesis Menggunakan Spektrofotometer FTIR	29
4.3	Pengaruh Temperatur Reaksi Nitrasi Selulosa Terhadap Karakter Nitroselulosa Hasil Sintesis	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
		42
		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur molekul selulosa	5
Gambar 2.2	Ikatan hidrogen dalam molekul selulosa	8
Gambar 2.3	Struktur molekul nitroselulosa	13
Gambar 2.4	Mekanisme reaksi pembentukan ion nitronium ..	14
Gambar 2.5	Mekanisme Reaksi Pembentukan Nitroselulosa..	15
Gambar 4.2	Spektrum FTIR sampel selulosa dari serat kapas.....	31
Gambar 4.1	Overlay spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 25 ^o C dengan spektrum FTIR serat kapas	33
Gambar 4.2	Overlay spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 30 ^o C dengan spektrum FTIR serat kapuk.....	34
Gambar 4.3	Overlay spektrum FTIR nitroselulosa dari serat α -selulosa temperatur 20 ^o C dengan spektrum FTIR serat α -selulosa	35
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara persentase mol nitrogen total dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk dan α -selulosa terhadap temperatur reaksi (°C).....	36
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara derajat substitusi gugus nitro dalam nitroselulosa dari serat kapas, kapuk dan α -selulosa terhadap temperatur reaksi (°C).....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi kimia buah kapuk	9
Tabel 2.2	Frekuensi serapan (cm^{-1}) untuk gugus O-H dan C-O pada alkohol	18
Tabel 4.1	Hasil penimbangan massa (gram) konstan nitroselulosa.....	29
Tabel 4.2	Analisis spektrum FTIR sampel selulosa	31
Tabel 4.3	Analisis spektrum FTIR nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk, dan α -selulosa...	32
Tabel L.13.1	Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas berdasarkan gugus alkohol primer	77
Tabel L.13.2	Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas berdasarkan gugus alkohol sekunder	78
Tabel L.13.3	Persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas	78
Tabel L.13.4	Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk berdasarkan gugus alkohol primer	79
Tabel L.13.5	Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk berdasarkan gugus alkohol sekunder	80
Tabel L.13.6	Persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk.....	80
Tabel L.13.7	Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari α -selulosa serat kapuk berdasarkan gugus alkohol primer.....	81
Tabel L.13.8	Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari α -selulosa serat kapuk berdasarkan gugus alkohol sekunder	82
Tabel L.13.9	Persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi nitroselulosa hasil sintesis dari α -selulosa serat kapuk	82

DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	45
L.2	Diagram Alir Penelitian	46
L.2.1	Preparasi larutan	46
L.2.2	Penentuan kadar α -selulosa dalam serat kapas	47
L.2.3	Nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa	48
L.2.4	Uji fisik nitroselulosa	49
L.2.5	Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan spektrofotometer FTIR	49
L.3	Penentuan komposisi asam nitrat dan asam sulfat dalam campuran penitrasи	50
L.4	Penentuan proporsi komponen dalam campuran penitrasи ..	51
L.5	Hubungan derajat substitusi (DS) dengan persentase mol nitrogen teoritis dalam nitroselulosa	52
L.6	Hubungan derajat substitusi (DS) dengan persentase berat nitrogen dalam nitroselulosa.....	52
L.7	Spektrum FTIR serat kapas	54
L.8	Spektrum FTIR serat kapuk.....	55
L.9	Spektrum FTIR α -selulosa serat kapuk	56
L.10	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas	57
L.10.1	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 10°C.....	57
L.10.2	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 20°C.....	58
L.10.3	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 25°C.....	59
L.10.4	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 30°C.....	60
L.10.5	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 35°C.....	61
L.10.6	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 40°C.....	62
L.10.7	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 45°C.....	63
L.11	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk.....	64
L.11.1	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 10°C.....	64

L.11.2	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 20°C.....	65
L.11.3	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 25°C.....	66
L.11.4	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 30°C.....	67
L.11.5	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 35°C.....	68
L.11.6	Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 40°C.....	69
L.12	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk ...	
L.12.1	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 10°C.....	70
L.12.2	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 20°C.....	71
L.12.3	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 25°C.....	72
L.12.4	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 30°C.....	73
L.12.5	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 35°C.....	74
L.12.6	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 40°C.....	75
L.12.7	Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa serat kapuk temperatur 45°C.....	76
L.13	Pengolahan data hasil penelitian	77
L.13.1	Penentuan kadar α -selulosa dalam serat kapas.....	77
L.13.2	Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas	77
L.13.3	Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk.....	79
L.13.4	Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari α -selulosa serat kapuk	81
L.14	Foto penelitian	84
L.14.1	Rangkaian alat nitrasi	84
L.14.2	Campuran reaksi nitrasi	84
L.14.3	Sampel selulosa sebelum dan setelah nitrasi	85
L.14.4	Uji pembakaran.....	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mewujudkan kemandirian roket militer FFAR (*Fin Folded Aerial Rocket*) merupakan sebagian upaya dalam mewujudkan kemandirian pertahanan negara (Kertaya, 2010). Penelitian-penelitian yang mendalam dalam bidang senjata roket sampai saat ini masih belum optimal dilaksanakan di dalam negeri, sehingga senjata roket masih sepenuhnya impor. Roket militer menggunakan bahan bakar (propelan), dimana salah satu dari komponen tersebut adalah nitroselulosa (Kertaya, 2010). Propelan merupakan bahan bakar yang tidak membutuhkan udara (oksigen) untuk proses pembakarannya. Hal ini dikarenakan oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran telah terkandung dalam propelan tersebut (Zaidar, 2003). Nitroselulosa yang merupakan komponen utama pada propelan, memiliki persentase berat nitrogen sebesar 12,65-13,50% atau setara dengan derajat substitusi (DS) minimum sebesar 2,5 (Urbański, 1965).

Nitroselulosa dibuat dengan reaksi nitrasi selulosa menggunakan zat penitrasи campuran HNO_3 dan H_2SO_4 (Kertaya, 2010). Reaksi nitrasi adalah proses terjadinya reaksi kimia yang menjamin masuknya satu atau lebih gugus $-\text{NO}_2$ kedalam suatu molekul, yang reaktannya merupakan senyawa-senyawa organik (Purba, 2009). Reaksi nitrasi selulosa pada dasarnya merupakan sebuah reaksi substitusi atau reaksi pertukaran ganda yang mana satu atau lebih gugus nitro (NO_2) dari agen penitrasи menggantikan satu atau lebih atom hidrogen pada gugus hidroksil dalam monomer-monomer selulosa (Akhavan, 2004). Nitroselulosa yang mengandung 13,5% berat N dapat diperoleh melalui nitrasi dengan campuran yang terdiri dari HNO_3 dan H_2SO_4 dalam berbagai perbandingan, namun kandungan air terbatas antara 1 hingga 13% (Urbański, 1965). Asam sulfat merupakan katalis dalam reaksi nitrasi. Dengan adanya H_2SO_4 tersebut berfungsi sebagai *dehydrating agent* (menyerap air yang terbentuk dalam reaksi), mencegah reaksi balik dari produk, dan sebagai media asam dimana terjadi disosiasi HNO_3 menjadi spesies yang reaktif yaitu NO_2^+ (Groggins, 1954).

Kandungan selulosa minimal dalam bahan baku untuk pembuatan bahan pendorong amunisi berbasis nitroselulosa adalah

92% (Tarmansyah, 2011). Selulosa dapat diperoleh dari berbagai tanaman, diantaranya dari serat kapas dan kapuk, dimana eksplorasi pemanfaatannya sebagai bahan baku dalam pembuatan propelan masih langka. Kapas merupakan serat lembut yang dihasilkan oleh tanaman kapas dan memiliki panjang serat yang bervariasi, bergantung pada jenis kapas. Panjang serat yang dikembangkan di Indonesia sekitar 26-29 mm. Kapas memiliki kandungan selulosa sekitar 95%. Serat kapuk sangat berbeda dengan serat kapas, karena Panjang serat kapuk lebih pendek dari serat kapuk yaitu sekitar 10-23 mm. Serat kapuk tidak dapat dipintal karena memiliki serat yang pendek dan berlilin. Serat kapuk memiliki nilai guna yang lebih strategis dibidang pertahanan khususnya untuk bahan baku dalam pembuatan propelan dengan jalan memanfaatkan alfaselulosa yang terdapat pada serat kapuk melalui proses isolasi alfaselulosa dengan cara menghilangkan kandungan lignin dan komponen lainnya dalam serat kapuk. Kandungan alfaselulosa dalam serat kapuk sekitar 39,53% (Astika, 2008). Serat α -selulosa hasil isolasi dari kapuk memiliki bentuk yang lebih padat dan rapat dibandingkan dengan serat kapuk sebelum di isolasi. Alfaselulosa merupakan selulosa yang sebenarnya dan pada umumnya digunakan sebagai penentu tingkat kemurnian selulosa (Urbański, 1965)

Proses nitrasasi selulosa dikendalikan oleh beberapa faktor, antara lain rasio antara asam (HNO_3 dan H_2SO_4), rasio asam-selulosa, dan temperatur reaksi (Kertaya, 2010). Temperatur yang rendah dapat menyebabkan laju reaksi berjalan lambat. Laju nitrasasi selulosa tergantung pada laju reaksi kimia esterifikasi itu sendiri maupun pada laju difusi dari asam penitrasи ke dalam serat selulosa. (Urbański, 1965). Sesuai dengan hukum Arhenius, bahwa laju suatu reaksi kimia sebanding dengan temperatur reaksi, maka bertambahnya temperatur akan menyebabkan konstanta laju reaksi semakin besar, sehingga laju reaksi semakin besar. Kenaikan 10°C akan melipatgandakan dua atau tiga laju suatu reaksi. Hal ini dikarenakan persentase tabrakan yang mengakibatkan reaksi kimia menjadi lebih besar sehingga molekul-molekul akan memiliki kecepatan yang besar dan mempunyai energi yang cukup untuk bereaksi sehingga waktu reaksi akan menjadi lebih cepat (Keenan dkk., 1984).

Menjaga temperatur yang diinginkan agar tetap konstan adalah yang paling penting dari sudut pandang keamanan dan kemurnian

produk. Pada produk sampingan temperatur tinggi, terutama produk oksidasi, dapat segera terbentuk yang disertai dengan pelepasan nitrogen dioksida. Inilah sebabnya mengapa temperatur harus dijaga serendah mungkin, terutama pada tahap awal reaksi ketika substansi yang belum atau hanya pada tahap awal nitrasi tersebut (Urbański, 1965). Berdasarkan uraian tersebut, maka akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur reaksi nitrasi berbahan dasar serat kapas, kapuk dan alfaselulosa hasil isolasi serat kapuk terhadap karakter nitroselulosa hasil sintesis. Reaksi nitrasi dilaksanakan setelah kadar α -selulosa dalam serat kapas diketahui.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh temperatur reaksi nitrasi selulosa terhadap karakter nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk dan α -selulosa serat kapuk?
2. Berapakah persentase mol nitrogen tertinggi dalam nitroselulosa hasil sintesis pada temperatur optimum?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kapas yang digunakan adalah kapas perdagangan dengan merk "Vellanie"
2. Kapuk yang digunakan adalah kapuk Muktiharjo 2 dengan kadar α -selulosa 39,53%
3. Alfaselulosa yang digunakan adalah hasil isolasi dari serat kapuk Muktiharjo 2 yang diperoleh dari penelitian sebelumnya
4. Variasi temperatur yang digunakan adalah (10, 20, 25, 30, 35, 40, dan 45) $^{\circ}\text{C}$
5. Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan Spektrofotometer FTIR dengan interpretasi gugus fungsi dari spektrum FTIR dan penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis
6. Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis menggunakan metode perbandingan absorbansi tanpa memerlukan kalibrasi eksternal.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh temperatur reaksi nitrasi selulosa terhadap karakter nitroselulosa hasil sintesis dari kapas, kapuk dan α -selulosa hasil isolasi serat kapuk
2. Mengetahui persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari kapas, kapuk dan α -selulosa serat kapuk pada tempratur optimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh temperatur reaksi nitrasi selulosa terhadap karakter nitroselulosa hasil sintesis dari kapas, kapuk dan α -selulosa serat kapuk
2. Memanfaatkan buah kapuk sebagai bahan baku utama dalam pembuatan bahan pendorong amunisi

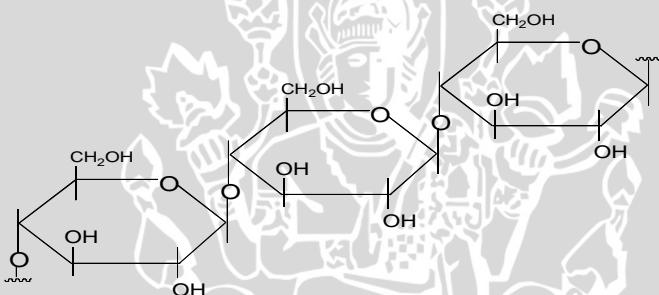
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa

Selulosa ($C_6H_{10}O_5$) n adalah polimer berantai panjang polisakarida karbohidrat, dari β -glukosa. Terdiri dari unit-unit anhidroglukopiranosa yang bersambung membentuk rantai molekul, melalui ikatan $-\beta-(1-4)$. Dua unit glukosa yang berdekatan bersatu dengan mengeliminasi satu molekul air diantara gugus hidroksil pada karbon 1 dan karbon 4. Kedudukan $-\beta-$ dari gugus OH pada C1 membutuhkan pemutaran unit ulang dari rantai glukosa berikutnya melalui sumbu C1-C4 cincin piranosa (Casey, 1980).

Struktur molekul selulosa seperti disajikan pada gambar 2.1 (Fessenden dan Fessenden, 1986)



Gambar 2.1 Struktur molekul selulosa

Selulosa memiliki sifat-sifat seperti alkohol yang mencolok oleh karena keberadaan gugus hidroksil. Keberadaan gugus tersebut menjelaskan kemampuan selulosa untuk membentuk ester dengan asam nitrat dan asam asetat dan juga dengan asam sulfat, asam fosfat dan asam-asam organik lainnya membentuk eter selulosa. Pembentukan eter dan ester selulosa telah menunjukkan bahwa untuk setiap enam atom karbon yang terdapat dalam satu gugus $C_6H_{10}O_5$ terdapat tiga gugus hidroksil bebas yang mampu mengalami esterifikasi atau pembentukan eter (Urbański, 1965).

Urbański (1965) menyatakan bahwa kandungan selulosa murni dari selulosa komersial berkaitan dengan perlakunya dalam larutan natrium hidroksida 17-18%. Pembagian tersebut adalah sebagai berikut (Tarmansyah, 2011) :

1. Alfaselulosa

Merupakan selulosa berantai panjang, dengan derajat polimerisasi (DP) 600-1500. Alfaselulosa tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat. Hal ini dikarenakan alfaselulosa memiliki struktur yang rumit karena adanya ikatan hidrogen intermolekuler dan intramolekuler. Akibatnya, alfaselulosa nampak seperti kumpulan benang kusut yang sulit dipisahkan.

2. Betaselulosa

Merupakan selulosa berantai pendek dengan DP (derajat polimerisasi) 15-90. Betaselulosa larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat, namun dapat mengendap bila dinetralkan. Contohnya ialah hidroselulosa atau oksiselulosa.

3. Gamaselulosa

Merupakan selulosa berantai pendek dengan DP (derajat polimerisasi) kurang dari 15. Gamaselulosa larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dan akan tetap tinggal dalam larutan meskipun sudah dinetralkan. Sebagian besar merupakan suatu fraksi hemiselulosa (Urbański, 1965).

Alfaselulosa merupakan selulosa yang sebenarnya dan pada umumnya digunakan sebagai penentu tingkat kemurnian selulosa (Urbański, 1965). Semakin tinggi kadar alfaselulosa semakin baik mutu bahannya. Alfaselulosa lebih dari 92% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak, sedangkan selulosa dengan kualitas dibawahnya dapat digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri kain.

Terdapat tiga jenis metode utama untuk penentuan alfaselulosa dalam suatu sampel bahan alam, yaitu pemisahan bagian utama poliosa-poliosa dan sisa lignin dari holoselulosa; isolasi langsung alfaselulosa dari sampel, termasuk prosedur pemurnian; dan penentuan kandungan alfaselulosa dengan cara hidrolisis total sampel, holoselulosa atau alfaselulosa, diikuti dengan penentuan gula yang dihasilkan (Fengel dan Wegener, 1985). Holoselulosa merupakan gabungan dari selulosa dan hemiselulosa (Han, dkk., 1997), sedangkan poliosa merupakan fraksi hemiselulosa (Fengel dan Wegener, 1985). Pada penentuan kadar alfaselulosa dalam sampel serat kapas setelah melalui proses pabrikasi memiliki kemurnian selulosa kira-kira 99% dimana semua komponen non selulosa telah dihilangkan selama proses produksinya, sedangkan 1%

sisanya merupakan fraksi hemiselulosa yang tertinggal (Collop dan Deffenbaugh, 2008).

2.1.1 Kapas sebagai sumber selulosa

Kapas adalah serat halus yang menyelubungi biji beberapa jenis *Gossypium* (biasa disebut “pohon”/tanaman kapas). Menurut Fryxell (1984), tanaman kapas secara botanis disebut dengan *Gossypium sp* yang memiliki sekitar 39 spesies yang telah diketahui dan 4 spesies diantaranya yang dibudidayakan, sisanya masih merupakan tanaman liar. Empat spesies tersebut yaitu : *Gossypium herbaceum L*, *Gossypium arberium L*, *Gossypium hersutum L*, dan *Gossypium barbadense* (Luthfi,2010), dengan klasifikasi menurut Hill,dkk (1960) dan Heyne (1988):

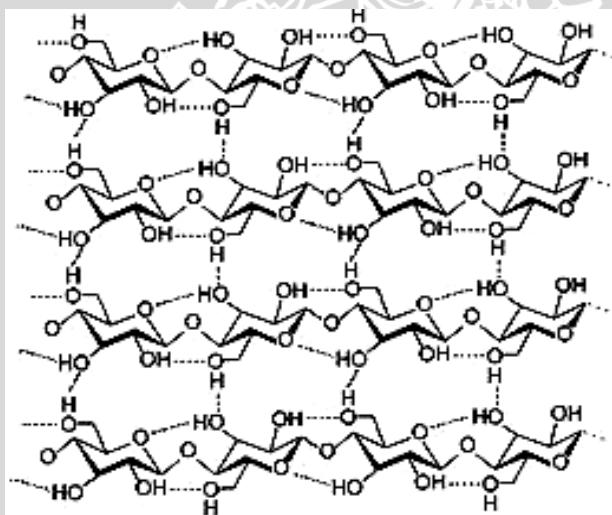
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Subkelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Malvales
Famili	: Malvaceae
Genus	: <i>Gossypium</i>
Spesies	: <i>Gossypium sp.</i>

Komposisi kimia kapas terdiri atas 95% selulosa; 1,3% protein; 1,2% abu; 0,6% lilin; 0,3% gula; 0,8% asam-asam anorganik; dan 0,8% senyawa kimia non-selulosa lainnya. Senyawa kimia non-selulosa pada kapas terdapat pada bagian kutikula dari serat. Senyawa kimia non-selulosa dapat dihilangkan menggunakan pelarut tertentu, misalnya heksana, kloroform, natrium hidroksida, pelarut-pelarut non polar, dan etanol panas. Setelah penghilangan semua senyawa kimia non-selulosa, kandungan serat selulosa dalam serat kapas ± 99% (Collop dan Deffenbaugh, 2008).

Menurut Urbański (1965), pada umumnya kapas mengandung uap air sebanyak 6% atau lebih. Uap air ini harus dihilangkan jika akan dilakukan penitrasian, sehingga tidak membuat campuran asam menjadi lebih encer dan mengubah arah reaksi.

Penentuan kadar α -selulosa dalam serat kapas dilakukan melalui perlakuan menggunakan larutan NaOH 17,5%, pencucian dengan larutan NaOH 8,3% pada temperatur 20°C, serta penetralan menggunakan larutan asam asetat 10% (Han, dkk., 1997). Menurut

Fengel dan Wegener (1985), penggunaan larutan tersebut paling sesuai untuk pemisahan alfaselulosa dari holoselulosa. Konsentrasi 17,5% alkali tersebut paling efektif untuk terjadinya pembengkakan struktur yang maksimal yang mana merupakan tahapan yang mengawali proses pelarutan fraksi terlarut dalam larutan NaOH. Fraksi dalam kapas yang larut pada pelarutan menggunakan larutan NaOH 17,5% ini adalah betaselulosa, yang terdiri dari hidroselulosa dan oksiselulosa. Selanjutnya, bagian utama poliosa dalam serat kapas, yaitu xilan dan galaktan (Keley, 2003), larut melalui pencucian menggunakan larutan larutan NaOH yang lebih encer, yaitu 8,3%. Alfaselulosa dalam serat kapas tidak larut dalam larutan NaOH 17,5%, dikarenakan selulosa memiliki derajat polimerisasi yang tinggi (DP 600-1500) serta struktur yang rumit oleh adanya ikatan hidrogen. Adanya ikatan hidrogen memberikan kekakuan tertentu pada masing-masing rantai. Ikatan hidrogen intermolekuler menyebabkan adanya pembentukan struktur supramolekul. Ikatan hidrogen pada selulosa ditunjukkan pada gambar 2.1 (Fengel dan Wegener, 1985).



Gambar 2.2 Ikatan hidrogen dalam molekul selulosa

Penambahan larutan NaOH 17,5% (b/v) pada serat kapas dilakukan pada temperatur 20°C karena terjadi proses pembengkakan pada struktur secara sempurna oleh larutan NaOH

17,5% pada temperatur tersebut, dimana ion Na⁺ memiliki diameter yang menguntungkan yang dapat melebarkan pori-pori yang paling kecil hingga ruang antara bidang-bidang kisi dan kemudian masuk ke dalamnya (Fengel dan Wegener, 1985).

Sisa NaOH yang tertahan pada selulosa dinetralkan menggunakan asam. Pada proses penetrasi tersebut dimungkinkan pula terjadi hidrolisis. Hidrolisis ikatan glikosida pada selulosa bergantung pada jenis dan kekuatan asam (*pKa*) yang digunakan. Laju hidrolisis semakin besar seiring dengan penggunaan asam yang semakin kuat. Oleh sebab itu, dilakukan penetrasi menggunakan larutan CH₃COOH 10% (b/v). Larutan tersebut memiliki kekuatan asam yang paling rendah diantara berbagai jenis asam yang umum atau sering digunakan untuk proses hidrolisis (Fengel dan Wegener, 1985).

2.1.2 Kapuk sebagai sumber selulosa

Menurut Astika (2008), Kandungan kimia buah kapuk dari hasil eksperimen pendahuluan yang dilaksanakan di Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung diperoleh kandungan kimia buah kapuk antara lain : selulosa, hemiselulosa, lignin, ekstraktif, dan mineral (abu) seperti terdapat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi kimia buah kapuk

No	Parameter	Kode Contoh						Metoda	
		Kapuk Pecah			Kapuk Kuncup				
		A1	A2	A3	B1	B2	B3		
		Kulit	Hati	Serat	Kulit	Hati	Serat		
1	Abu/mineral (%)	8,51	6,40	1,37	10,00	5,52	1,50	SNI 14-1031-1989	
2	Lignin (%)	27,57	27,90	11,60	20,99	23,58	9,90	SNI 14-0492-1989	
3	Pentosan /hemiselulosa (%)	19,47	19,35	27,7	15,67	19,06	28,68	SNI 14-1304-1989	
4	Ekstraktif (%)	1,28	3,14	1,71	1,13	3,82	1,82	SNI 14-1032-1989	
5	Holoselulosa (%)	61,29	58,79	82,81	56,10	55,57	85,34	SNI 01-1303-1989	
6	Alfaselulosa (%)	31,13	28,24	39,53	24,65	27,52	41,32	SNI 14-0444-1989	

Hemiselulosa adalah polisakarida yang bukan selulosa jika di hidrolisis menghasilkan D-manosa, D-galaktosa, D-Xylosa, L-Arabinosa dan asam uranat. Derajat polimerisasi antara 150-200, dapat membentuk senyawa adisi pada gugus hidrosil. Reaksi oksidasi dan degradasi akan terjadi lebih dahulu pada hemiselulosa daripada terhadap selulosa. Hemiselulosa tidak dapat larut dalam air tetapi larut dalam larutan alkali encer dan lebih mudah dihidrolisis asam (Sugesty,1986).

Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak. Lignin terbentuk dari gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Lignin dapat juga mengurangi daya swelling (pengembangan) buah dan ikatan antar buah. Isolasi lignin digunakan pereaksi anorganik yaitu Na_2S dan NaOH untuk mendestruksi karbohidratnya. Lignin didalam tanaman berfungsi sebagai perekat selulosa. Alfaselulosa akan mempunyai sifat yang baik apabila kandungan lignin dapat dikurangi karena sifat lignin yang kaku dan rapuh. Lignin dapat mempengaruhi dalam hal pembentukan ikatan antar serat dan dapat menurunkan derajat putih (Sugesty,1986).

Menurut Sugesty (1986), Zat ekstraktif adalah senyawa kimia yang terkandung dalam kayu maupun nonkayu dengan berat molekul rendah dan merupakan bahan organik non polimer yang dapat dipisahkan dengan cara pelarutan dalam pelarut netral seperti eter, alkohol-benzena,asam-asam organik, terpena, tannin, fenol, dan polisakarida dengan berat molekul rendah. Ekstraktif dapat menganggu dalam proses isolasi alfaselulosa, zat ini mengonsumsi bahan alkali yang tinggi selama proses pemasakan sehingga menghambat proses delignifikasi dan dapat mengurangi rendemen.

Kadar abu dari sampel kayu maupun non kayu merupakan mineral yang terdiri dari ion-ion logam natrium (Na), Kalium (K), dan kalsium (Ca), yang mengikat anion berupa karbonat (CO_3^{2-}), phospat (PO_4^{3-}), silikat, sulfat (SO_4^{2-}), dan klorida (Cl). Kayu hanya mengandung jumlah yang rendah dari komponen-komponen anorganik, diukur sebagai abu yang tinggi dalam kayu, khususnya dalam bahan baku tidak larut dalam HCl yang biasanya banyak mengandung silikat. Adanya silikat dalam abu yang tinggi akan mengakibatkan penggerakan didalam digester, penyumbatan pipa di

unit chemical recovery, dan juga menumpulkan alat-alat seperti pisau (Sugesty, 1986).

Buah kapuk memiliki nilai guna yang lebih strategis dibidang pertahanan khususnya untuk bahan baku pendorong amunisi roket dengan jalan memanfaatkan alfaselulosa yang terdapat pada buah kapuk melalui proses isolasi alfaselulosa yang berasal dari buah kapuk dengan cara menghilangkan lignin dan komponen lainnya. Isolasi alfaselulosa adalah suatu proses untuk mendapatkan alfaselulosa dari suatu bahan baku melalui suatu tahapan-tahapan perlakuan. Isolasi alfaselulosa dari kapuk dilaksanakan melalui beberapa tahapan antara lain proses ekstraksi, proses pemisahan lignin dan senyawa-senyawa kimia yang lain, proses pencucian selulosa dan proses permurnian (Astika, 2010).

Proses ekstraksi zat-zat ekstraktif adalah pemisahan zat ekstraktif dari suatu bahan baku dengan menggunakan pelarut organik seperti etanol dan benzene dengan perbandingan 1:2. Pemisahan ini dapat dilaksanakan dengan menggunakan seperangkat alat soklet untuk sampel dalam jumlah kecil, sedangkan untuk sampel dalam jumlah besar dilakukan dengan jalan perendaman ±24 jam menggunakan pelarut etanol dan benzene. Zat-zat ekstraktif memiliki berat molekul rendah, sehingga terlebih dahulu larut dengan pelarut organik dibandingkan dengan senyawa kimia lainnya (Astika, 2010).

Proses pemisahan lignin bertujuan untuk memisahkan alfaselulosa dari senyawa lignin dengan cara melarutkan bagian kayu seperti bethaselulosa, gamaselulosa, hemiselulosa, lignin, zat ekstraktif dan mineral. Proses ini menggunakan larutan soda yaitu NaOH dengan konsentrasi 18-35%. Degradasi selulosa oleh larutan NaOH terjadi pada temperatur diatas 100°C, semakin tinggi temperatur pemasakan maka jumlah selulosa yang hilang semakin banyak. Apabila waktu terlalu lama, maka bahan baku yang terlarut semakin bertambah besar. Kecepatan kelarutan lignin tergantung pada waktu pemasakan, temperatur, dan konsentrasi NaOH (Astika, 2010).

Pencucian selulosa bertujuan untuk memisahkan larutan sisa bahan kimia pemasak dengan hasil pemasakan. Sisa bahan kimia pemasak merupakan bahan organik terlarut. Prinsip pencucian adalah dengan penambahan air pengencer yang sedikit mungkin pada sistem, tetapi dapat menghilangkan semua bahan pengotor. Dasar

pencucian adalah pengenceran, pengadukan dan ekstraksi. Pada sistem ini selulosa yang belum dicuci diencerkan dengan cairan yang encer, diaduk sehingga mendapatkan campuran yang baik. Cairan ini diekstraksi, dan selulosa yang telah dicuci dipindahkan (Astika, 2010).

Pemurnian selulosa setelah proses pemasakan bertujuan untuk menghasilkan tingkat kemurnian selulosa lebih tinggi yang stabil dan memiliki tingkat pengrusakan serat yang minimum sehingga sifat fisik selulosa tetap tinggi. Dalam proses ini juga untuk melarutkan senyawa lignin yang dapat menyebabkan perubahan warna , dengan cara mendegradasi rantai lignin yang panjang oleh bahan-bahan kimia pemutih menjadi rantai-rantai lignin yang pendek, maka lignin dapat larut pada saat pencucian dalam air atau alkali. Bahan kimia yang digunakan dalam pemurnian antara lain Cl_2 , ClO_2 , HClO_2 , H_2O_2 , dan O_2 , sedangkan alkali yang digunakan adalah NaOH . Pemurnian yang dilakukan beberapa tahap klorinasi (C), ekstraksi (E), hipoklorinasi (H), khlorodioksida (D). Hal ini dapat dilaksanakan berulang-ulang sesuai dengan derajat putih yang diinginkan (Astika, 2010).

2.2 Nitroselulosa

Nitroselulosa adalah salah satu senyawa kimia yang tergolong explosive dan mudah terbakar (Urbansky, 1965). Nitroselulosa (NC) dengan rumus molekul $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_6\text{O}_{22}$ memiliki beberapa sifat; larut dalam alkohol, ether-alkohol dan ester, volume of explosion gases : 875 l/Kg, *impact sensitivity*: 0,3 kp, m= 3 Nm (Meyer, 1981).

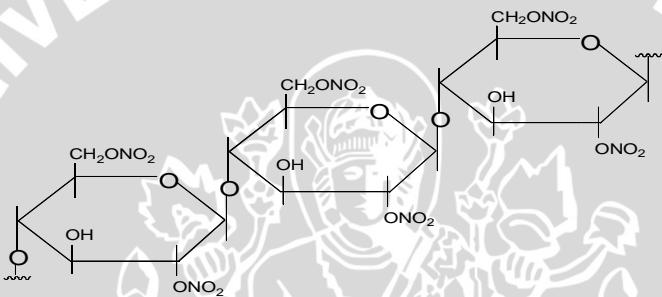
Nitroselulosa dibuat dengan menggunakan campuran H_2SO_4 dan HNO_3 yang merupakan reaksi esterifikasi alfaselulosa. Proses ini digambarkan secara sederhana sebagai reaksi nitrasi. Nitrasi selulosa dapat dinyatakan melalui persamaan berikut (Urbanski, 1965):



Rumus selulosa dalam persamaan tersebut disederhanakan dengan asumsi derajat polimerisasinya, n = 1 (Urbanski, 1965).

Kegunaan nitroselulosa bergantung pada kandungan nitrogen yang dimilikinya. Nitroselulosa dengan kandungan nitrogen 12,5-13,5% memiliki kegunaan yang sangat penting yaitu dimanfaatkan sebagai propelan (Tarmansyah, 2011). Kandungan nitrogen yang

disyaratkan untuk digunakan sebagai bahan baku propelan, yaitu memiliki persentase berat nitrogen minimal sebesar 12,65% yang setara dengan derajat substitusi (DS) 2,5 (Urbański, 1965). Nitroselulosa dengan kandungan nitrogen dibawahnya, seperti 11,7-12,2% digunakan sebagai pelapis kayu, serta 11% digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan plastik (Shelton, 2000). Nitroselulosa yang merupakan komponen utama pada propelan, memiliki persentase berat nitrogen sebesar 12,65-13,50% atau setara dengan derajat substitusi (DS) minimum sebesar 2,5 (Urbański, 1965). Struktur molekul nitroselulosa disajikan pada gambar 2.2 (Shakhshiri, 1983)



Gambar 2.3 Struktur molekul nitroselulosa

Nitroselulosa mempunyai sifat yang mudah meledak, karena di dalam molekulnya terdapat gugus fungsional yang memberikan sifat mudah terbakar. Urbański (1964) menyebutkan, bahwa gugus O-O seperti dalam peroksida, ozon, dan ozonida; O-Cl seperti dalam klorat dan perklorat; N-Cl seperti dalam nitrogen klorida; N-O seperti senyawa nitrat dari ester asam nitrat; serta N-C seperti dalam fulminat dan sianogen memberikan sifat dapat meledak pada senyawa-senyawa tersebut. Pembakara nitroselulosa menghasilkan nitrogen, karbon dioksida dan uap air, serta gas-gas berbobot molekul rendah dan tak beracun (Nickel, 2000). Nitroselulosa memiliki nyala api menjilat yang khas bagi nyala bahan eksplosif (Kertaya, 2010).

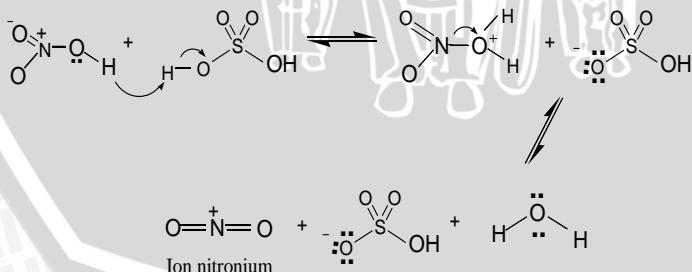
2.3 Reaksi Nitrasii Selulosa menjadi Nitroselulosa

Reaksi nitrasii selulosa pada dasarnya merupakan sebuah reaksi substitusi atau reaksi pertukaran ganda yang mana satu atau lebih

gugus nitro (NO_2) dari agen penitrasian menggantikan satu atau lebih atom hidrogen pada gugus hidroksil dalam monomer-monomer selulosa. Nitroselulosa memiliki kegunaan yang sangat luas terutama dalam bidang militer (Akhavan, 2004).

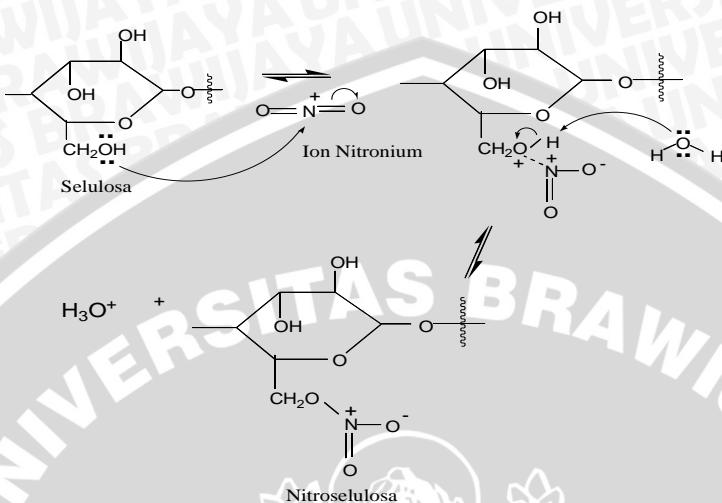
Reaksi nitrasi lebih sering dilakukan dengan menggunakan campuran asam yaitu HNO_3 dan H_2SO_4 . Asam sulfat merupakan katalis dalam reaksi nitrasi ini. Dengan adanya H_2SO_4 tersebut berfungsi sebagai *dehydrating agent* (menyerap air yang terbentuk dalam reaksi), mencegah reaksi balik dari produk, dan sebagai media asam dimana terjadi disosiasi HNO_3 menjadi spesies yang reaktif yaitu NO_2^+ (Groggins, 1954). Nitrasi selulosa selain menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 pertama kali dilakukan oleh Hoitsema, dengan menggunakan campuran HNO_3 dan H_3PO_4 dan kandungan nitrogen dalam nitroselulosa mencapai 13,34-13,61%. Dari hal tersebut nitrasi selulosa menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut. Namun hal tersebut sedikit memiliki kendala karena penggunaan H_3PO_4 melibatkan teknik yang sangat sulit (Urbański, 1965).

Reaksi nitrasi selulosa diawali dengan pembentukan ion nitronium (NO_2^+) yang dikatalisis oleh adanya H_2SO_4 (gambar 2.4). Ion nitronium ini berperan sebagai elektrofil pada reaksi nitrasi. Selanjutnya, terjadi serangan nukelofilik dari elektron pada atom oksigen gugus hidroksil selulosa terhadap atom nitrogen ion nitronium membentuk nitroselulosa terprotonasi. Hasil akhir pada reaksi ini menghasilkan nitroselulosa dan ion hidronium (H_3O^+) melalui deprotonasi oleh air (Fessenden dan Fessenden, 1986). Mekanisme reaksi nitrasi selulosa ditunjukkan seperti pada gambar 2.5 berikut (Siahaan, 2009):



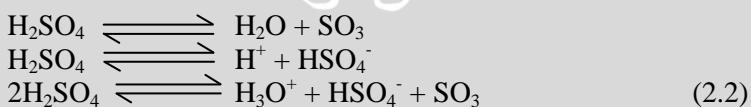
Gambar 2.4

Mekanisme reaksi pembentukan ion nitronium



Gambar 2.5 Mekanisme reaksi pembentukan nitroselulosa

Urbański (1965) mengemukakan bahwa, Nitroselulosa mengandung 13,4% N dapat diperoleh dengan nitrasi menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 dengan berbagai proporsi namun air yang terkandung setidaknya kurang dari 13%, karena kandungan air diatas 13% menyebabkan reaksinya berjalan lebih lambat. Sifat reversibilitas dari reaksi nitrasi selulosa menyebabkan kondisi dimana air dalam jumlah yang melimpah tidaklah disukai. Hal tersebut dapat diatasi oleh penggunaan katalis H_2SO_4 . Selain sebagai katalis, H_2SO_4 juga berfungsi sebagai *dehydrating agent* dalam campuran penitrasii, dimana asam sulfat akan terdisosiasi di dalam air membentuk belerang trioksida (SO_3). Air yang dihasilkan selama proses nitrasi akan bereaksi dengan SO_3 dan akan membentuk H_2SO_4 kembali dan menggeser reaksi ke arah kiri, yaitu ke arah reaksi yang mengurangi jumlah air. Persamaan reaksinya disajikan pada persamaan 2.2 (Morrison dan Boyd,1992):



Sesuai dengan hukum Arhenius, bahwa laju suatu reaksi kimia bertambah dengan naiknya temperatur. Kenaikan 10 °C akan melipatgandakan dua atau tiga laju suatu reaksi. Hal ini dikarenakan

persentase tabrakan yang mengakibatkan reaksi kimia menjadi lebih besar sehingga molekul-molekul akan memiliki kecepatan yang besar dan mempunyai energi yang cukup untuk bereaksi sehingga waktu reaksi akan menjadi lebih cepat (Keenan dkk., 1984).

Temperatur yang rendah dapat menyebabkan laju reaksinya berjalan lambat. Oleh karena itu, agar proses nitrasi dapat menyeluruh dalam waktu yang singkat, konsentrasi asam harus lebih besar. Tingkat nitrasi tidak tergantung hanya pada komposisi campuran asam, yaitu asam sulfat dan asam nitrat serta temperatur, tetapi juga pada laju difusi asam dalam serat selulosa (Urbański, 1965).

Lunge (1901), telah melakukan reaksi nitrasi selulosa pada berbagai komposisi campuran asam dan variasi temperatur nitrasi pada 0-80°C. Dari hasil percobaan tersebut, Lunge menyatakan bahwa Pengaruh temperatur terhadap sintesis nitroselulosa adalah sebagai berikut:

1. Laju reaksi meningkat dengan meningkatnya suhu reaksi
2. Pada suhu diatas 40°C laju reaksinya turun
3. Suhu yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan hasil akibat dekomposisi produk yang dihasilkan
4. Pada suhu yang lebih tinggi, akan meningkatkan kelarutan dan viskositas larutan jauh lebih rendah.

Temperatur nitrasi memberikan sedikit pengaruh pada posisi nitro dalam inti aromatik. Menjaga suhu yang diinginkan agar tetap konstan adalah yang paling penting dari sudut pandang keamanan dan kemurnian produk. Pada produk sampingan suhu tinggi, terutama produk oksidasi, dapat segera terbentuk. Reaksi oksidasi yang disertai dengan pelepasan nitrogen dioksida. Inilah sebabnya mengapa suhu harus dijaga serendah mungkin, terutama pada tahap awal reaksi ketika substansi yang belum atau hanya pada tahap awal nitrasi tersebut (Urbanski, 1965).

Keadaan fisik dari reaktan berpengaruh besar terhadap laju reaksi kimia. Ketika reaktan-reaktan berada dalam satu fase yang sama, misalnya pada larutan berair, adanya pergerakan dari molekul-molekul reaktan akan menyebabkan terjadinya kontak yang menghasilkan reaksi. Namun, ketika reaktan-reaktan berada dalam fase yang berbeda , reaksi terjadi hanya pada bagian permukaan reaktan (Zlokarnik, 2005). Maka adanya pengadukan cepat terhadap reaksi diperlukan untuk memaksimalkan *interfase* dari dua fase dan

kecepatan transfer massa reaktan. Kecepatan reaksi dalam proses nitrasi dalam industri dapat dimodelkan dalam pernyataan bahwa kecepatan reaksi berpengaruh dalam badan fase larutan (*aquaeous phase*) sedangkan di *interfase* diatur oleh kecepatan difusi (Othmer, 1982).

2.4 Analisis Kuantitatif Melalui Spektrofotometri Inframerah

Spektrofotometri Inframerah merupakan studi mengenai interaksi energi cahaya inframerah dengan molekul-molekul dalam suatu senyawa. Penyerapan radiasi inframerah oleh suatu senyawa organik didasarkan pada perbedaan energi vibrasi dalam molekul. Inti-inti atom yang terikat secara kovalen dalam suatu molekul akan mengalami getaran (vibrasi) dengan cara serupa seperti dua bola yang terikat pada suatu pegas. Bila molekul menyerap radiasi inframerah, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat itu. Getaran-getaran yang mempunyai momen dwi kutub yang akan teramat pada detector (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Inti-inti atom yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami getaran (vibrasi) atau osilasi, dengan cara serupa dengan dua bola yang terikat oleh suatu pegas. Bila molekul meresap radiasi inframerah (daerah $1400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$), energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat itu. Jadi molekul ini berada dalam keadaan vibrasi tereksitas (Fessenden dan Fessenden, 1986). Terdapat dua macam getaran vibrasi molekul yaitu getaran ulur dan getaran tekuk. Getaran ulur adalah suatu gerakan berirama di sepanjang sumbu ikatan, sehingga jarak antara antar atom bertambah atau berkurang. Getaran tekuk dapat terjadi karena perubahan sudut-sudut ikatan antara ikatan-ikatan pada sebuah atom (Silverstein, dkk., 1986).

Terdapat banyak jenis senyawa organik yang mengandung ikatan karbon-oksi gen, termasuk alkohol. Alkohol merupakan senyawa organik yang memiliki gugus OH yang terikat pada karbon. Uluran C-O juga sangat bermamfaat untuk mengenali struktur dari alkohol. Pita tersebut disebabkan oleh uluran C-O yang bergabung dengan uluran C-C dan dinamakan oop (Robinson, 2005). Menurut Susanto (1998), frekuensi vibrasi ulur dari ikatan C-O alkohol primer pada monomer glukosa dalam amilopektin terdapat pada daerah sekitar 1025 cm^{-1} .

Frekuensi serapan yang khas untuk gugus O-H dan C-O yang berhubungan dengan alkohol, disajikan pada tabel 2.2 (Robinson, *et al.*, 2005).

Tabel 2.2 Frekuensi serapan (cm^{-1}) untuk gugus O-H dan C-O pada alkohol

Gugus	Ulur			Tekuk
Ikatan oksigen	$\text{O} \rightarrow \text{H}$	$\text{C}=\text{O}$	$\text{C} \rightarrow \text{O}$	$\text{C}-\text{O} \downarrow \text{H}$
Alkohol primer	3.635		1.050, 850	1.300
Alkohol sekunder	3.625		1.100, 830	1.300
Alkohol tersier	3.615		1.150, 780	1.300

Senyawa nitrat organik menunjukkan serapan untuk vibrasi ulur N-O dari gugus nitro dan ikatan O-N. Uluran asimetris pada gugus nitro menghasilkan serapan yang kuat pada daerah 1.660-1.625 cm^{-1} , sementara vibrasi simetris menyerap secara kuat pada daerah dekat 1.300-1.255 cm^{-1} . Uluran ikatan π dari ikatan N-O menghasilkan serapan pada daerah dekat 870-833 cm^{-1} . Serapan yang teramat pada panjang gelombang yang lebih panjang, yakni pada daerah dekat 763-690 cm^{-1} mungkin dihasilkan dari vibrasi tekuk gugus nitro (Silverstein, 2005).

Analisis kuantitatif berbagai senyawa dengan serapan inframerah didasarkan pada pengukuran konsentrasi salah satu gugus fungsional dari senyawa analit. Dalam serapan spektrofotometer, konsentrasi suatu zat dapat ditentukan dari pengukuran absorbansi (A) dan dengan menggunakan hukum Lambert Beer, $A = a b c$, dimana a adalah absorpsivitas spesifik, b adalah sel internal atau ketebalan sampel, dan c adalah konsentrasi zat yang diserap. Prosedur kalibrasi memerlukan pengukuran non spektrofotometri dari konsentrasi serapan zat dan absorbansinya dengan panjang gelombang yang sudah diketahui.

Tidak semua senyawa dapat dikalibrasi eksternal. Penggunaan metode kalibrasi eksternal akan kesulitan untuk senyawa campuran yang tidak dapat dipisahkan, karena spektra senyawa murninya tidak dapat didapatkan. Dalam kasus lain, misalnya polimer, karena adanya unsur struktural, rantai percabangan dan isomer dari monomernya, juga menyebabkan kesulitan bila digunakan metode kalibrasi eksternal. Untuk itu, diperlukan metode spektrofotometri secara

umum untuk analisis campuran yang tidak memerlukan kalibrasi eksternal.(Koenig dan Kormos, 1979)

Untuk sistem campuran biner, persamaan (2.3) dan (2.4) menggambarkan dua kemungkinan spektra yang dihasilkan dari campuran tersebut. A_P dan A_Q menunjukkan spektra tiap penyusun dari absorbansi komponen murni dalam campuran P dan Q, dimana a_1 dan a_2 adalah absorpsivitas spesifik komponen 1 dan 2, c_1 dan c_2 adalah fraksi dalam campuran tiap-tiap komponen 1 dan 2. Persamaan tersebut ditulis dengan asumsi ketebalan sampel sama dan memenuhi hukum Lambert-Beer (Koenig, 1982).

$$A_P = a_1 c_1 + a_2 c_2 \quad (2.3)$$

$$A_Q = a_1 c_1 + a_2 c_2 \quad (2.4)$$

$$A_Q/A_P = (a_1 c_1' + a_2 c_2') / (a_1 c_1 + a_2 c_2) \quad (2.5)$$

Kedua campuran tersebut diukur pada tiap frekuensi di sepanjang spektrum inframerah. Persamaan (2.5) mendefinisikan perbandingan spektrum dari A_P dan A_Q ketika diukur pada tiap frekuensi di sepanjang spektrum inframerah. Pada daerah dimana kontribusi spektral komponen 2, a_2 tidak ada (pada frekuensi v_1), rasio pada persamaan (2.5) disederhanakan menjadi rasio faktor konsentrasi untuk komponen 1. Dengan cara yang sama, rasio konsentrasi untuk komponen 2 diperoleh pada derah spektrum di mana a_1 tidak ada (pada frekuensi v_2). Persamaan (2.6) dan (2.7) menggambarkan dua kasus tersebut mendefinisikan koefisien rasio Rv_1 dan Rv_2 (R_1 dan R_2) yang mana nilainya dapat diperoleh secara eksperimental untuk suatu sistem campuran biner.

$$\text{Untuk } v_1 \quad A_Q/A_P = a_1 c_1' / a_1 c_1 = c_1' / c_1 = Rv_1 = R_1 = A_Q^{v1} / A_p^{v1} \quad (2.6)$$

$$\text{Untuk } v_2 \quad A_Q/A_P = a_2 c_2' / a_2 c_2 = c_2' / c_2 = Rv_2 = R_2 = A_Q^{v2} / A_p^{v2} \quad (2.7)$$

Karena faktor konsentrasi didefinisikan sebagai fraksinya dalam campuran, maka dapat dituliskan seperti pada persamaan (2.8).

$$c_1 + c_2 = c_1' + c_2' = 1 \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8), penyelesaian untuk koefisien konsentrasi sebagai fungsi dari Rv_1 dan Rv_2 menghasilkan persamaan (2.9).

$$c_1 = 1 - R_2 / R_1 - R_2; \quad c_2 = R_1 - 1 / R_1 - R_2; \quad c_1' = R_1 c_1; \quad c_2' = R_2 c_2 \quad (2.9)$$

dimana:

- | | |
|------------|---------------------------------------|
| c_1 | = fraksi komponen 1 dalam campuran P |
| c_2 | = fraksi komponen 2 dalam campuran P |
| c'_1 | = fraksi komponen 1 dalam campuran Q |
| c'_2 | = fraksi komponen 2 dalam campuran Q |
| A_P^{v1} | = serapan komponen 1 dalam campuran P |
| A_Q^{v1} | = serapan komponen 1 dalam campuran Q |
| A_P^{v2} | = serapan komponen 2 dalam campuran P |
| A_Q^{v2} | = serapan komponen 2 dalam campuran Q |

2.5 Hipotesis

1. Serat kapas dan kapuk dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan pendorong amunisi yaitu nitroselulosa, melalui reaksi nitrasi menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 karena mengandung selulosa. Temperatur reaksi dalam proses nitrasi selulosa merupakan salah satu faktor yang menentukan laju reaksi dimana semakin tinggi temperatur reaksi maka semakin tinggi pula kadar mol nitrogen dalam nitroselulosa.
2. Alfaselulosa hasil isolasi dari serat kapuk, akan memiliki kadar mol nitrogen lebih tinggi daripada kadar mol nitrogen dari serat kapuk sebelum di isolasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan April 2011 sampai Juni 2011. Nitrasi selulosa dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Universitas Brawijaya Malang, dan karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan Spektrofotometer FTIR dilaksanakan di Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain seperangkat alat Spektrofotometer FTIR 8400 S Shimadzu, hot plate stirrer, oven, desikator, *water bath*, neraca analitik Mettler tipe AE 50, pengaduk magnet, gelas kimia 100 mL, 250 mL dan 500 mL, batang pengaduk, gelas arloji, termometer 100°C, pipet tetes, pipet ukur 100 mL, labu ukur 500 mL, labu ukur 100 mL, bola hisap, mangkuk alumunium, penyaring buchner, seperangkat alat filtrasi vakum, gunting, kertas saring, wadah sampel, dan alumunium oil.

3.2.2 Bahan sampel

Bahan sampel untuk penelitian ini adalah kapas dagang merk “Vellanie”, kapuk Muktiharjo 2, dan α -selulosa serat kapuk Muktiharjo 2.

3.2.3 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain asam sulfat 95-97 % (b/b) p.a, asam nitrat 65 % (b/b) p.a, padatan natrium bikarbonat p.a, padatan natrium hidroksida p.a, asam asetat glasial p.a, dan akuades.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi alat dan bahan penelitian
2. Preparasi larutan

3. Preparasi sampel : penentuan kadar α -selulosa dalam kapas
4. Nitrasi selulosa masing-masing sampel
5. Uji sifat fisik nitroselulosa
6. Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan Spektrofotometer FTIR
7. Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis menggunakan metode perbandingan absorbansi

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi larutan

a. Pembuatan larutan NaHCO_3 10% (%b/v)

Ditimbang sebanyak 50 gram serbuk natrium bikarbonat (NaHCO_3), kemudian dilarutkan dengan 450 mL akuades. Dipanaskan dan diaduk dengan pengaduk magnet hingga serbuk NaHCO_3 larut dalam akuades. Setelah larut, kemudian larutan didinginkan dan dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL serta ditanda batasan. Setelah itu dimasukkan dalam botol sampel.

b. Pembuatan larutan NaOH 17,5% (b/v)s

Ditimbang sebanyak 17,5 gram padatan NaOH , kemudian dilarutkan dengan 100 mL akuades dalam gelas kimia 100 mL, dan diaduk dengan pengaduk magnet. Setelah padatan NaOH larut, dimasukkan dalam botol sampel.

c. Pembuatan larutan NaOH 8,3% (b/v)

Ditimbang sebanyak 8,3 gram padatan NaOH , kemudian dilarutkan dengan 100 mL akuades dalam gelas kimia 100 mL, dan diaduk dengan pengaduk magnet. Setelah padatan NaOH larut, dimasukkan dalam botol sampel.

d. Pembuatan larutan CH_3COOH 10% (b/v)

Asam asetat glasial diambil sebanyak 2,5 mL dengan pipet ukur dan dimasukkan kedalam labu takar 25 mL, ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan tersebut dituangkan kedalam botol sampel.

3.4.2. Penentuan kadar α -selulosa dalam kapas (Han dkk, 1997)

Sampel berupa serat kapas ditimbang sebanyak 2,50 gram kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 12 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama 1 jam. Kemudian diambil sebanyak 2,00 gram dan dimasukkan kedalam gelas kimia 250 mL yang ditutup dengan gelas arloji. Dituangkan larutan NaOH 17,5% (b/v) ke dalam gelas ukur sebanyak 25 mL, dan temperatur dipertahankan pada 20°C dalam *water bath*. Sampel kapas kemudian diaduk menggunakan spatula. Setelah 2 menit, campuran kemudian diaduk kembali. Setelah penambahan larutan NaOH 17,5% (b/v) yang pertama, ditambahkan lagi 5 mL larutan NaOH 17,5% (b/v) tiap interval waktu 5 menit dan diaduk dengan spatula hingga total penambahan dengan larutan NaOH 17,5% (b/v) adalah 45 menit. Selanjutnya ditambahkan 33 mL aquades dengan temperatur 20°C pada campuran. Campuran tersebut diaduk dan dibiarkan temperaturnya konstan 20°C selama 1 jam sebelum penyaringan. Campuran dituangkan kedalam corong buchner dan disaring dengan dengan bantuan pompa hisap. Residu yang didapatkan dicuci dengan 100 mL larutan NaOH 8,3% (b/v) pada temperatur 20°C . Kemudian dilanjutkan dengan pencucian kembali dengan 100 mL aquades dengan temperatur 20°C . Tahap pencucian dengan larutan NaOH 8,3% (b/v) dan aquades diulangi sebanyak dua kali. Selanjutnya larutan asam asetat 10% (b/v) sebanyak 15 mL dituangkan kedalam penyaring buchner pada temperatur ruang yang berisi residu dan disertai dengan pengisapan dengan pompa vakum. ketika residu masih terendam oleh larutan asam, pompa hisap dilepaskan selama 3 menit. Kemudian tanpa melepaskan pengisapan, penyaring buchner diisi dengan aquades pada temperatur 20°C hingga hampir penuh dan dibiarkan hingga air terhisap habis. Pencucian diulangi hingga residu bebas dari asam yang ditunjukkan oleh kertas indikator universal. Setelah pH pada kertas indikator mencapai pH aquades, residu dicuci kembali dengan 250 mL aquades dengan bantuan pengisap vakum. residu dipindahkan kedalam botol timbang dan dikeringkan dalam oven pada temperatur $100\text{-}105^{\circ}\text{C}$ selama 12 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang.

Penentuan kadar α -selulosa dalam serat kapas, dihitung dari persamaan berikut:

$$\% \text{ (b/b) } \alpha\text{-selulosa} = (W_2/W_1) \times 100 \%$$

dimana W_1 adalah massa sampel serat kapas awal (gram) dan W_2 massa residu serat kapas setelah perlakuan (gram).

3.4.3 Nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa (Ledgard, 2007)

Sampel berupa kapas dan kapuk masing-masing digunting kecil-kecil. Kemudian sampel tersebut ditimbang sebanyak 2,5 gram dan dipanaskan dalam oven pada temperatur 100°C selama 30 menit. Selanjutnya sampel dikeluarkan kemudian dimasukkan dalam desikator terlebih dahulu selama 5 menit sebelum dilakukan penimbangan. Berdasarkan hasil penimbangan, diketahui perubahan massa sampel. Sampel berupa kapas dan kapuk dipanaskan kembali ke dalam oven selama 5 menit, kemudian dikeluarkan dan dimasukkan dalam desikator sebelum dilakukan penimbangan. Prosedur pemanasan sampel diulangi sampai didapatkan massa sampel yang konstan. Setelah itu, ditimbang sampel tersebut sebanyak 2 gram.

Diamond sebanyak 20,9 mL larutan HNO_3 65% dan dimasukkan kedalam gelas kimia 100 mL. Kemudian ditambahkan secara perlahan-lahan larutan H_2SO_4 98% sebanyak 27,7 mL. Diatur temperaturnya hingga 10°C dengan mendinginkan dalam wadah yang berisi air dingin. Setelah temperatur mencapai 10°C , tambahkan dengan cepat 2 gram sampel (kapas, kapuk dan alfaselulosa). Diaduk campuran tersebut dengan pengaduk magnet selama 60 menit dan dijaga agar temperatur larutan konstan 10°C . Setelah 60 menit, dinginkan larutan tersebut pada temperatur ruang dan dimasukkan kedalam air es sebanyak 400 mL sambil diaduk dengan batang pengaduk. Setelah itu disaring dan residu yang didapatkan, dinetralkan kedalam 100 ml larutan NaHCO_3 10%. Disaring lagi dan dicuci kembali dengan 100 mL aquadest hingga pH nya sama dengan pH akuades. Dikeringkan padatan nitroselulosa pada temperatur ruang, kemudian ditimbang hingga didapatkan berat konstan, setelah itu dimasukkan dalam wadah sampel. Dilakukan prosedur yang sama seperti diatas menggunakan variasi temperatur yaitu ($20, 25, 30, 35, 40$, dan 45°C).

3.4.4 Uji sifat fisik nitroselulosa

Pengujian sifat fisik nitroselulosa dilakukan dengan melihat nyala api pada nitroselulosa. Pertama-tama nitroselulosa yang telah kering diambil sedikit kemudian dibakar dengan korek api. Selanjutnya diamati nyala api nitroselulosa yang terjadi, dan dibandingkan dengan nyala pembakaran pada kapas tanpa dinitrasi. Apabila terjadi letusan api yang sangat cepat menandakan sampel adalah nitroselulosa.

3.4.5 Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan Spektrofotometer FTIR

Karakterisasi nitroselulosa dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer FTIR. Sampel nitroselulosa sebanyak 0,0004 gr dihaluskan dengan mortar dan ditambahkan dengan KBr sebanyak 0,04 gr kemudian dihaluskan hingga homogen. Campuran tersebut dimasukkan kedalam 2 plat baja mengkilat (micro pellet) dengan bantuan spatula dan dijepit antara dua plat tersebut. Dihubungkan dengan pompa vakum menggunakan selang karet dan ditekan. Penekanan dilakukan bersamaan dengan penyekaman selama 2-10 menit agar terbentuk lapisan yang memiliki ketebalan kira-kira 0,01 mm. Selanjutnya dilakukan pengukuran spektrumnya pada daerah bilangan gelombang antara $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Data berupa spektrum inframerah yang diperoleh berupa pita-pita serapan yang karakteristik. Selanjutnya adalah interpretasi dari spektrum inframerah yang dihasilkan.

3.4.6 Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis menggunakan metode perbandingan absorbansi

Spektrum nitroselulosa yang dihasilkan dengan pengukuran menggunakan Spektrofotometer FTIR, dianalisis data serapan yang diperoleh dan dibandingkan nilai transmitansi pada bilangan gelombang tertentu (sekitar 1025 cm^{-1} dan 1100 cm^{-1}) yang spesifik terdapat pada sampel selulosa dan nitroselulosa hasil sintesis. Data persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis diperoleh melalui metode rasio absorbansi, dengan membandingkan serapan gugus C-O pada gugus alkohol primer (sekitar 1025 cm^{-1}) dan alkohol sekunder (sekitar 1100 cm^{-1}) dalam nitroselulosa hasil

sintesis terhadap serapan pada gugus yang sama dalam sampel awal yang belum dinitrasi (Koenig, 1982).

1. Menghitung koefisien perbandingan absorbansi (R)
 - a. pada bilangan gelombang sekitar 1025 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)
$$A_{1.025(\text{sampel awal})} = - \log T_{1.025(\text{sampel awal})}$$
$$A_{1.025(\text{NC})} = - \log T_{1.025(\text{NC})}$$
$$R_{1.025} = A_{1.025(\text{NC})}/A_{1.025(\text{sampel awal})}$$
 - b. pada bilangan gelombang sekitar 1100 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol sekunder)
$$A_{1.100(\text{sampel awal})} = - \log T_{1.100(\text{sampel awal})}$$
$$A_{1.100(\text{NC})} = - \log T_{1.100(\text{NC})}$$
$$R_{1.100} = A_{1.100(\text{NC})}/A_{1.025(\text{sampel awal})}$$
2. Menghitung persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis yang didasarkan pada absorbansi C-O pada alkohol primer (sekitar 1.025 cm^{-1}) dan alkohol sekunder (sekitar 1.100 cm^{-1})

Oleh karena $c_{\text{C-O}} + c_{\text{O-N}} = c'_{\text{C-O}} + c'_{\text{O-N}} = 1$, dengan $c_{\text{C-O}}$ dan $c_{\text{O-N}}$ adalah fraksi konsentrasi dari C-O dan O-N dalam sampel awal serta $c'_{\text{C-O}}$ dan $c'_{\text{O-N}}$ adalah fraksi konsentrasi C-O dan O-N dalam nitroselulosa hasil sintesis, maka:

- a. berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1025 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

$$\begin{aligned} R_{1.025} &= A_{1.025(\text{NC})}/A_{1.025(\text{sampel awal})} \\ &= abc'_{\text{C-O}(1.025)}/abc_{\text{C-O}(1.025)} \\ R_{1.025} &= c'_{\text{C-O}(1.025)}/c_{\text{C-O}(1.025)} \\ c'_{\text{C-O}(1.025)} &= R_{1.025} \times c_{\text{C-O}(1.025)} \end{aligned}$$

karena pada sampel awal sebelum nitrasi tidak terdapat gugus nitro, maka fraksi konsentrasi O-N dalam sampel awal adalah 0, sehingga

$$c_{\text{C-O}} + c_{\text{O-N}} = c_{\text{C-O}} + 0 = c_{\text{C-O}} = 1, \text{ maka}$$

$$c'_{\text{C-O}(1.025)} = R_{1.025} \times c_{\text{C-O}(1.025)}$$

$$c'_{\text{C-O}(1.025)} = R_{1.025} \times 1$$

$$c'_{\text{C-O}(1.025)} = R_{1.025}$$

persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis sama dengan fraksi konsentrasi O-N di dalam nitroselulosa, sehingga:

$$\begin{aligned} \% \text{ mol N}_{1.025} &= c'_{\text{O-N}(1.025)} \times 100\% = (1 - c'_{\text{C-O}(1.025)}) \times 100\% \\ &= (1 - R_{1.025}) \times 100\% \end{aligned}$$

- b. berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1100 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol sekunder)

$$\begin{aligned} R_{1.100} &= A_{1.100(\text{NC})}/A_{1.100(\text{sampel awal})} \\ &= abc'_{\text{C-O}(1.100)}/abc_{\text{C-O}(1.100)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{1.100} &= c'_{\text{C-O}(1.100)}/c_{\text{C-O}(1.100)} \\ c'_{\text{C-O}(1.100)} &= R_{1.100} \times c_{\text{C-O}(1.100)} \end{aligned}$$

karena pada sampel awal sebelum nitrasi tidak terdapat gugus nitro, maka fraksi konsentrasi O-N dalam sampel awal adalah 0, sehingga

$$c_{\text{C-O}} + c_{\text{O-N}} = c_{\text{C-O}} + 0 = c_{\text{C-O}} = 1, \text{ maka}$$

$$c'_{\text{C-O}(1.100)} = R_{(1.100)} \times c_{\text{C-O}(1.100)}$$

$$c'_{\text{C-O}(1.100)} = R_{(1.100)} \times 1$$

$$c'_{\text{C-O}(1.100)} = R_{(1.100)}$$

persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis sama dengan fraksi konsentrasi O-N di dalam nitroselulosa, sehingga:

$$\begin{aligned} \% \text{ mol N}_{1.100} &= c'_{\text{O-N}(1.100)} \times 100\% = (1 - c'_{\text{C-O}(1.100)}) \times 100\% \\ &= (1 - R_{1.100}) \times 100\% \end{aligned}$$

3. Menghitung persentase mol nitrogen total dalam nitroselulosa hasil sintesis yaitu:

Didalam monomer selulosa terdapat 3 gugus hidroksil yang dapat di nitrasi, yaitu 1 gugus hidroksil merupakan alkohol primer (pada atom c nomor 6) dan 2 gugus hidroksil lainnya merupakan alkohol sekunder (pada atom c nomor 2 dan 3), maka:

$$\% \text{ mol N}_{\text{total}} = (1/3) \times \% \text{ mol N}_{1.025} + (2/3) \times \% \text{ mol N}_{1.100}$$

3.5.2 Penentuan derajat substitusi (DS) gugus nitro dalam nitroselulosa hasil sintesis

Derajat substitusi gugus nitro dalam nitroselulosa dapat dihitung dari persentase mol total nitrogen dalam nitroselulosa. Persentase mol total nitrogen dalam nitroselulosa, menyatakan fraksi mol gugus nitro yang masuk terhadap jumlah mol atom hidrogen pada gugus hidroksil yang dapat disubstitusi dalam tiap monomer, yaitu 3 buah. Sehingga derajat substitusi gugus nitro dalam nitroselulosa dapat dihitung dari persentase mol total nitrogen dalam nitroselulosa dikalikan dengan jumlah atom hidrogen pada gugus

hidroksil yang dapat di substitusi dalam setiap monomer. Persamaan untuk menghitung derajat substitusi yaitu:

$$DS = (\% \text{ mol N}_{\text{total}} / 100) \times 3$$



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Nitroselulosa Hasil Sintesis

Karakteristik nitroselulosa hasil sintesis ditunjukkan dengan kenampakan fisik dan uji pembakaran (uji nyala) dari nitroselulosa hasil sintesis dan membandingkannya dengan sampel selulosa awal sebelum nitrasi. Dari kenampakan fisik nitroselulosa hasil sintesis, menunjukkan perbedaan warna sampel sebelum dilakukan nitrasi dan setelah dilakukan nitrasi. Gambar sampel selulosa sebelum nitrasi dan setelah nitrasi terdapat pada lampiran L.14.3. Serat kapas sebelum dilakukan nitrasi berwarna putih, namun setelah nitrasi berubah warna menjadi kuning. Sampel serat kapuk pada awalnya berwarna putih kusam, namun setelah nitrasi berubah menjadi kuning kecoklatan. Sampel α -selulosa pada awal sebelum nitrasi berwarna putih, dan setelah nitrasi menjadi agak kecoklatan. Perubahan warna tersebut disebabkan karena campuran asam yang terdapat dalam sampel selulosa selama proses nitrasi.

Sampel selulosa yang telah di nitrasi dikeringkan pada temperatur ruangan dan ditimbang massanya hingga didapat massa konstan. Hasil penimbangan massa nitroselulosa, disajikan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil penimbangan massa (gram) konstan nitroselulosa

Temperatur (°C)	Massa Sampel Nitroselulosa		
	Kapas	Kapuk	α -selulosa
10	3,0877	2,2201	2,5171
20	2,9536	2,4733	2,5824
25	3,0404	2,3839	2,5079
30	2,9841	2,0862	2,4462
35	2,8222	1,7839	2,3370
40	2,4641	1,6609	2,2999
45	1,8241	-	1,4799

Dari hasil akhir massa nitroselulosa tersebut, terdapat perbedaan berat nitroselulosa pada tiap-tiap temperatur. Semakin tinggi temperatur reaksi, maka semakin rendah massa nitroselulosa yang dihasilkan. Massa nitroselulosa yang dihasilkan bertambah dari massa awal sampel yang digunakan yaitu 2 gram. Bertambahnya

jumlah massa nitroselulosa yang dihasilkan tersebut, menunjukkan bahwa adanya gugus NO₂ yang telah masuk dalam sampel selulosa. Hal tersebut juga didukung dengan adanya uji fisik yaitu uji pembakaran pada nitroselulosa hasil sintesis dari berbagai variasi temperatur reaksi nitrasi. Dari uji pembakaran tersebut dapat terlihat nyala api yang ditimbulkan oleh nitroselulosa hasil sintesis. Semakin besar nyala api yang timbul, semakin besar pula tingkat substitusi gugus nitro dalam nitroselulosa hasil sintesis. Selain itu, nyala api nitroselulosa lebih cepat daripada nyala api sampel selulosa awal sebelum nitrasi. Gambar nyala api pada sampel selulosa awal dan nitroselulosa hasil sintesis, dapat dilihat pada lampiran L.14.4

4.2 Karakterisasi Nitroselulosa Hasil Sintesis Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis dilakukan dengan cara interpretasi gugus-gugus fungsional yang terdapat pada spektrum FTIR nitroselulosa hasil sintesis dan membandingkannya dengan spektrum FTIR sampel selulosa dari kapas, kapuk dan alfaselulosa sebelum di nitrasi. Pada spektrum FTIR senyawa nitroselulosa hasil sintesis, disamping menunjukkan serapan yang khas seperti pada spektrum selulosa, juga memperlihatkan serapan khas dari gugus-gugus yang merupakan akibat dari reaksi nitrasi yang terjadi.

Pita-pita serapan yang penting pada sampel selulosa sebelum nitrasi adalah pita-pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 3.500-3.400; 1.200; 1.160; 1.116 dan 1.025 cm⁻¹. Pita serapan dengan intensitas kuat yang muncul pada bilangan gelombang sekitar 3.400-3.500 cm⁻¹ disebabkan oleh vibrasi ulur ikatan O-H pada alkohol. Serapan ini diperkuat dengan adanya vibrasi ulur ikatan C-O alkohol sekunder dan primer yang muncul didaerah 1.116 dan 1.025 cm⁻¹. Sedangkan pada daerah 1.200 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur ikatan C-O-C glikosida. Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1.160 cm⁻¹ disebabkan oleh vibrasi ulur asimetris cincin anhidroglukopiranosa. Tabel analisis spektrum FTIR sampel selulosa sebelum dilakukan reaksi nitrasi disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis spektrum FTIR sampel selulosa

Bil. Gel (cm^{-1})	Jenis vibrasi	Bilangan gelombang sampel selulosa (cm^{-1})		
		Kapas	Kapuk	α -selulosa
3.500-3.400	U OH	3.350,12	3.365,55	3.404,13
1.209	δ OH	1.236,29	1.247,86	1.271,00
1.275- 1.200	U_{COC}	1.203,50	1.247,86	1.249,79
1.260-1.000	U CO	1.112,85; 1.058,85; 1.031,85	1.027,99; 1.054,99; 1.110,92	1.112,85; 1.058,85; 1.035,70
1.160	$\text{U}_{\text{as ring}}$	1.163,00	1.161,07	1.163,00
Sekitar 700	γ OH	709,76	703,97	703,97

Keterangan: U = vibrasi ulur; δ = vibrasi tekuk (*scissoring*); γ = vibrasi tekuk (*wagging*)

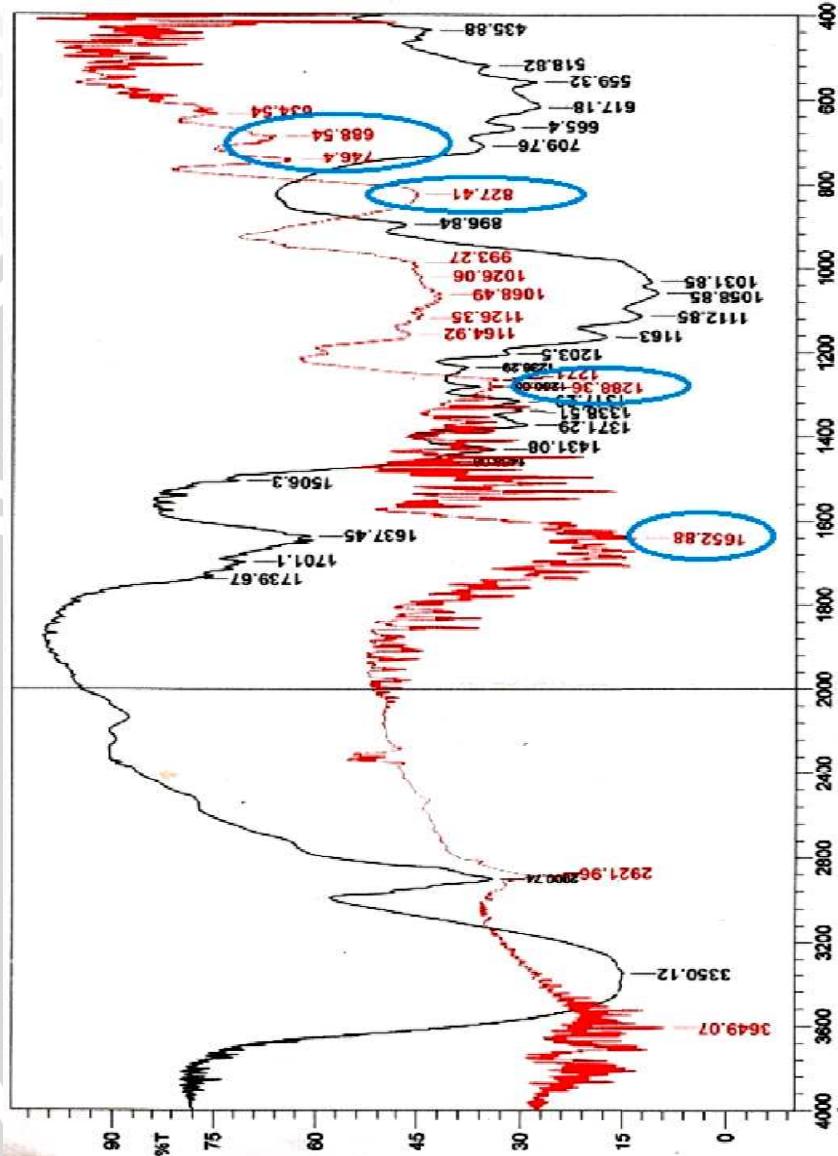
Untuk Spektrum FTIR nitroselulosa hasil sintesis menunjukkan adanya perbedaan dari spektrum FTIR sampel selulosa awal sebelum dilakukan reaksi nitrasi, disamping menunjukkan serapan yang khas seperti pada spektrum selulosa, juga menunjukkan serapan khas dari gugus-gugus yang merupakan akibat dari reaksi yang terjadi. Serapan yang khas sebagai akibat dari reaksi yang terjadi adalah munculnya pita-pita serapan baru, yakni pita-pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1.650; 1.280; 830; 750; dan 680 cm^{-1} . Pita serapan yang muncul pada daerah 1.650 cm^{-1} disebabkan oleh adanya vibrasi ulur asimetris ikatan NO pada gugus nitro. Pita serapan pada daerah 1.280 cm^{-1} disebabkan oleh adanya vibrasi ulur simetris ikatan NO pada gugus nitro. Pita serapan dengan intensitas sedang yang muncul pada daerah 830 cm^{-1} disebabkan oleh vibrasi ulur ikatan π pada N=O. Sedangkan pada daerah 680 dan 750 cm^{-1} disebabkan oleh vibrasi tekuk dari gugus nitro. Berdasarkan pada interpretasi gugus fungsi spektrum selulosa sebelum nitrasi dan setelah nitrasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa senyawa hasil sintesis yang dimaksud adalah nitroselulosa. Tabel analisis spektrum FTIR Nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk, dan α -selulosa, disajikan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Analisis spektrum nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk dan α -selulosa

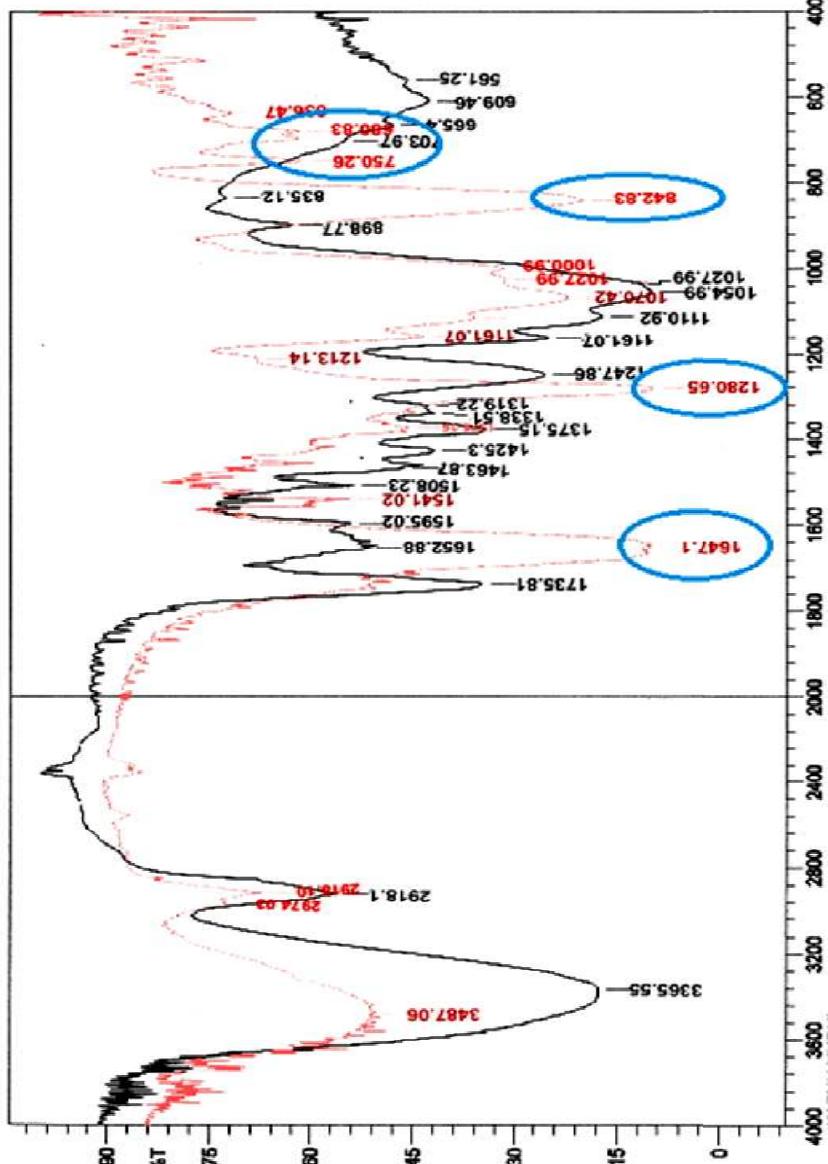
Bil. Gel (cm^{-1})	Jenis vibrasi	Bilangan Gelombang Nitroselulosa (cm^{-1})		
		Kapas temperatur 25°C	Kapuk temperatur 30°C	α -selulosa temperatur 20°C
3.600-3.500	ν OH	3.649,07	3.487,06	3.523,70
1.660-1.625	ν_{as} NO	1.652,88	1.647,10	1.654,81
1.300-1.255	ν_{sim} NO	1.288,36	1.280,65	1.272,93
1.275-1.200	ν COC	1.271	1.213,14	1.211,21
1.160	ν_{as} ring	1.164,92	1.161,07	1.159,14
1.260-1.000	ν CO	1.026,06; 1.068,49; 1.126,35	1.027,99; 1.116,71	1.029,13; 1.076,21; 1.159,14
870-833	ν N=O	827,41	842,83	831,26
763-690	δ NO	746,40; 688,54	750,26; 680,83	748,33; 696,25

Keterangan: ν = vibrasi ulur; δ = vibrasi tekuk (*scissoring*); γ = vibrasi tekuk (*wagging*)

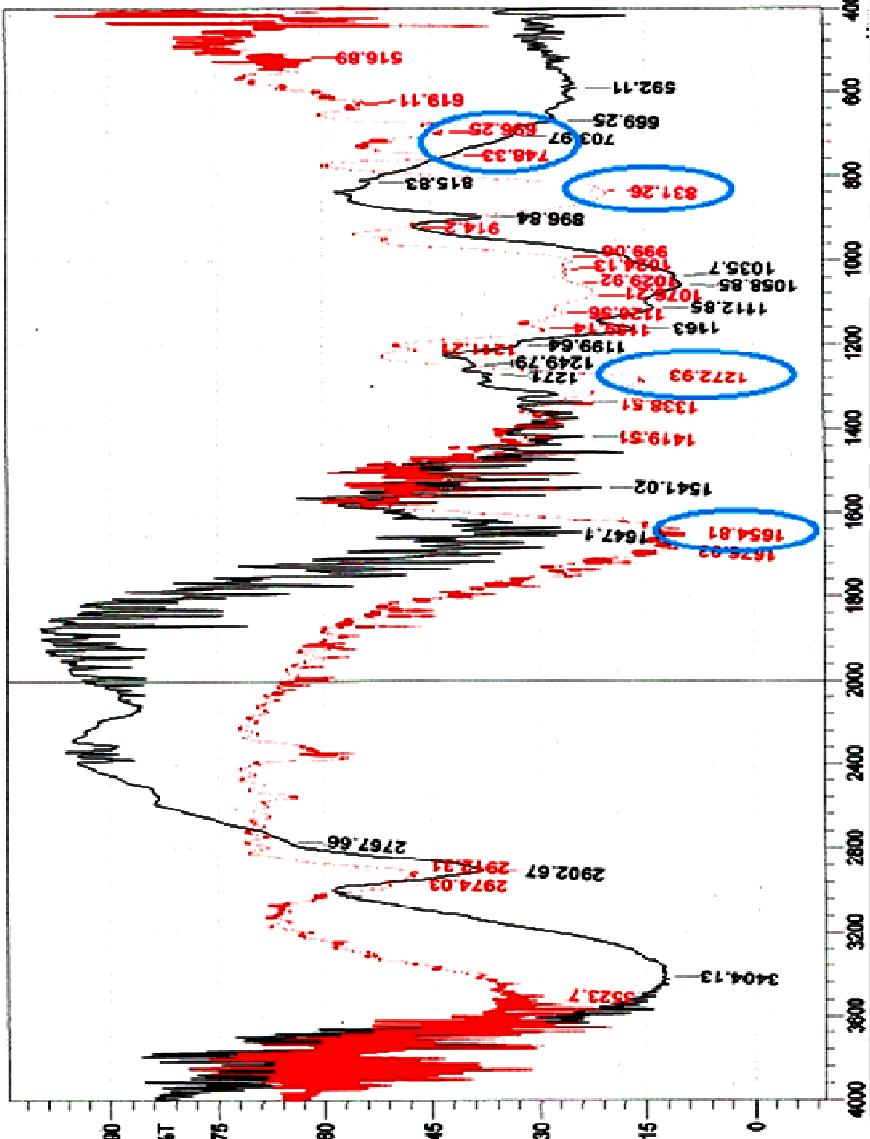
Bila diamati perbandingan spektrum FTIR dari sampel selulosa sebelum nitrasi dan setelah nitrasi, terdapat pengurangan intensitas serapan pada gugus O-H dan C-OH, serta munculnya serapan baru yaitu gugus NO. Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat atom H pada gugus hidroksil yang disubtitusi oleh gugus NO₂ (nitro) dalam nitroselulosa hasil sintesis, yang ditandai pula dengan munculnya puncak-puncak baru dimana puncak tersebut disebabkan oleh adanya gugus NO₂. Pengurangan intensitas serapan gugus O-H dan C-O pada nitroselulosa hasil sintesis terhadap sampel selulosa, menunjukkan variasi yang berbeda-beda seiring dengan variasi tiap-tiap temperatur reaksi dalam proses nitrasi. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pada tiap variasi temperatur reaksi yang diberikan, nitroselulosa yang terbentuk mencapai tingkat subtitusi gugus NO₂ yang berbeda-beda. Perbedaan spektrum FTIR sampel selulosa sebelum di nitrasi dan setelah di nitrasi disajikan pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Overlay Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapas temperatur 25°C (merah) dengan spektrum FTIR serat kapas (hitam)



Gambar 4.2 Overlay Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk temperatur 30°C (merah) dengan spektrum FTIR serat kapuk (hitam)

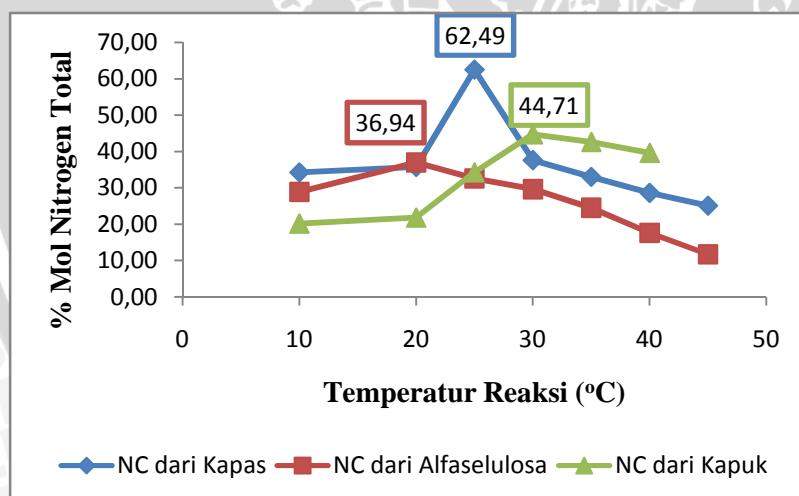


Gambar 4.3 Overlay Spektrum FTIR nitroselulosa dari α -selulosa temperatur 20°C (merah) dengan spektrum FTIR serat α -selulosa (hitam)

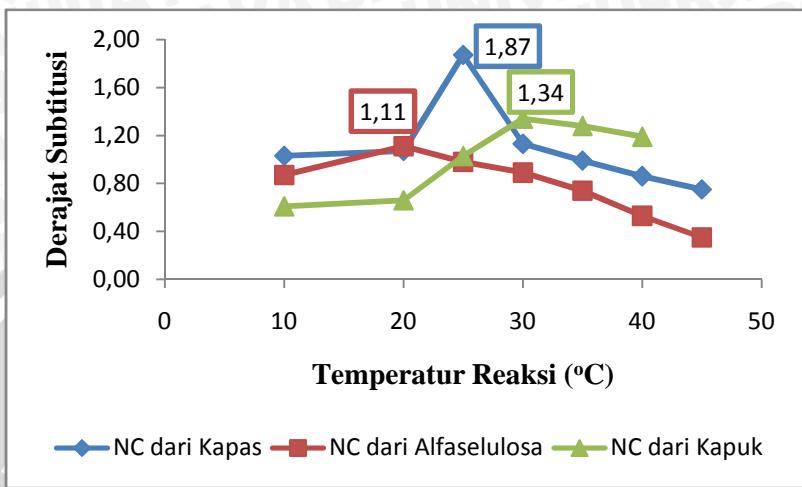
4.3 Pengaruh Temperatur Reaksi Nitrasi Selulosa Terhadap Karakter Nitroselulosa Hasil Sintesis

Dalam penelitian ini juga dirancang untuk mengkarakterisasi nitroselulosa hasil sintesis melalui penentuan kadar nitrogen dalam nitroselulosa. Penentuan kadar nitrogen tersebut adalah persentase mol nitrogen yang terkandung dalam nitroselulosa melalui metode rasio absorbansi, yaitu dengan membandingkan penurunan intensitas serapan gugus C-O pada gugus alkohol primer dan sekunder dalam nitroselulosa terhadap serapan pada gugus yang sama dalam sampel selulosa sebelum di nitrasi. Pita serapan dari gugus OH juga dapat digunakan untuk menentukan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa, namun hal tersebut tidak dipilih karena gugus OH (hidroksil) dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air (H_2O), yang mana akan menambah besarnya serapan gugus OH.

Dari pengolahan data yang terdapat dalam lampiran L.13, diperoleh grafik hubungan antara persentase mol nitrogen total dalam nitroselulosa hasil sintesis terhadap temperatur reaksi nitrasi serta hubungan antara derajat substitusi dan temperatur reaksi nitrasi, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik hubungan persentase mol nitrogen total dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk dan α -selulosa terhadap temperatur reaksi (°C)



Gambar 4.5 Grafik hubungan derajat substitusi dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas, kapuk dan α -selulosa terhadap temperatur reaksi ($^{\circ}\text{C}$)

Data persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa yang dihitung secara terpisah berdasarkan alkohol primer dan sekunder dalam lampiran L.13 menunjukkan reaktivitas relatif dari tiap gugus hidroksil tersebut. Persentase mol nitrogen yang dihitung berdasarkan alkohol primer lebih tinggi daripada persentase mol nitrogen yang dihitung berdasarkan alkohol sekunder. Hal tersebut menunjukkan bahwa gugus fungsi alkohol primer yang terikat pada atom karbon nomor 6 lebih reaktif daripada gugus fungsi alkohol sekunder yang terikat pada atom karbon nomor 2 dan 3. Hal ini sesuai dengan pernyataan solomons (1992) yang menyebutkan bahwa reaktivitas glukosa terdapat pada atom karbon nomor 6. Reaktivitas ini meningkat oleh adanya efek induksi dari beberapa gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon nomor 6 yang menyebabkan sifat keasaman hidroksil yang terikat pada atom C-6 lebih besar.

Dari grafik hubungan antara temperatur reaksi dan persentase mol nitrogen total dalam nitroselulosa, menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis pada berbagai sampel selulosa. Untuk sampel selulosa dari serat kapas terjadi peningkatan persentase mol nitrogen pada variasi temperatur reaksi 10 hingga 25 $^{\circ}\text{C}$ dan adanya

penurunan persentase mol nitrogen pada variasi temperatur reaksi 30 hingga 45°C. Sedangkan untuk sampel selulosa dari serat kapuk terjadi peningkatan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis pada variasi temperatur reaksi 10 hingga 30°C dan penurunan persentase mol nitrogen total pada variasi temperatur 30 hingga 40°C. Sampel α -selulosa serat kapuk mengalami peningkatan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis pada variasi temperatur 10 hingga 20°C, sedangkan pada variasi temperatur 25 hingga 45°C terjadi penurunan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis.

Peningkatan persentase mol nitrogen pada masing-masing sampel selulosa tersebut disebabkan karena peningkatan temperatur yang akan menyebabkan meningkatnya laju reaksi nitrasi. Laju reaksi tersebut berhubungan dengan laju difusi ion nitronium (NO_2^+) terhadap selulosa. Sesuai dengan hukum Arhenius, kenaikan temperatur 10 °C akan melipatgandakan dua atau tiga laju suatu reaksi. Hal ini dikarenakan persentase tabrakan yang mengakibatkan reaksi kimia menjadi lebih besar sehingga molekul-molekul akan memiliki kecepatan yang besar dan mempunyai energi yang cukup untuk bereaksi. Akan tetapi peningkatan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa akan berhenti pada saat temperatur telah mencapai optimum, hal tersebut terjadi karena adanya reaksi balik dari nitroselulosa hasil sintesis yang menyebabkan nitroselulosa hasil sintesis akan mengalami degradasi produk dengan adanya peningkatan temperatur, karena reaksi nitrasi selulosa menggunakan campuran HNO_3 dan H_2SO_4 merupakan reaksi reversibel. Terjadinya reaksi balik ini juga dikarenakan oleh adanya H_2SO_4 dalam campuran penitrasи. Selain berperan sebagai katalis dalam pembentukan ion nitronium (NO_2^+) dan *dehydrating agent*, H_2SO_4 juga dapat menyebabkan ester nitrat terbentuk yaitu nitroselulosa terhidrolisis (Urbański, 1965).

Temperatur reaksi nitrasi yang tinggi juga akan menyebabkan laju pembentukan oksiselulosa semakin tinggi (Urbański, 1965). Oksiselulosa merupakan senyawa yang terbentuk sebagai hasil oksidasi dari selulosa oleh zat pengoksidasi. Dalam hal ini, selulosa dimungkinkan teroksidasi oleh HNO_3 yang merupakan oksidator kuat. Dalam selulosa, menunjukkan bahwa pada tiap-tiap unit anhidroglukosa terdapat alkohol primer dan sekunder yang memiliki kecenderungan teroksidasi. Alkohol primer akan teroksidasi menjadi

aldehida, dan melalui oksidasi lebih lanjut, aldehida akan teroksidasi menjadi asam karboksilat. Sementara itu, alkohol sekunder akan teroksidasi menjadi keton. Adanya pembentukan oksiselulosa tersebut akan berdampak pada penurunan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa.

Untuk hubungan antara derajat substitusi gugus nitro dalam nitroselulosa terhadap temperatur, juga menghasilkan hal yang serupa dengan peningkatan persentase mol nitrogen total dalam nitroselulosa hasil sintesis. Hal tersebut dikarenakan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa merupakan representasi langsung dari derajat substitusi gugus nitro dalam nitroselulosa hasil sintesis.

Pada penentuan temperatur optimum nitroselulosa hasil sintesis pada berbagai sampel selulosa yang digunakan, menunjukkan adanya perbedaan. Nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas temperatur optimum reaksi adalah sebesar 25°C dengan persentase mol nitrogen sebesar 62,49% dan derajat substitusi 1,87. Sedangkan untuk sampel serat kapuk persentase mol nitrogen tertinggi dicapai pada saat temperatur reaksi 30°C yaitu sebesar 44,71% dengan derajat substitusi 1,56. Serta nitroselulosa dari α -selulosa hasil isolasi serat kapuk, temperatur optimum reaksi adalah 20°C dengan persentase mol nitrogen sebesar 36,94% dan derajat substitusi 1,11. Perbedaan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa dari tiap-tiap sampel disebabkan karena struktur serat dari masing-masing sampel. Serat kapas dan kapuk memiliki struktur yang halus dan kurang padat menyebabkan difusi ion nitronium (NO_2^+) lebih cepat berinteraksi kedalam serat kapuk. Berbeda dengan struktur serat α -selulosa hasil isolasi serat kapuk, memiliki struktur serat yang lebih padat dan rapat menyebabkan difusi ion NO_2^+ menjadi lebih sulit daripada sampel dari serat kapas dan kapuk yang memiliki struktur serat sehingga difusi ion nitronium menjadi lebih mudah. Reaksi nitrasi tidak hanya tergantung pada temperatur reaksi, tetapi juga tergantung pada laju difusi ion nitronium ke dalam serat selulosa.

Nitroselulosa yang dihasilkan pada penelitian ini baik dari sampel yang berasal dari serat kapas, kapuk dan alfaselulosa hasil isolasi serat kapuk memiliki kandungan nitrogen di bawah standar yang disyaratkan untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan propelan, yaitu dengan kandungan nitrogen minimal sebesar 12,65% (b/b) atau persentase mol nitrogen sebesar 83,33% yang setara

dengan derajat substitusi 2,5 (Urbański, 1965). Derajat substitusi tertinggi yang dapat dicapai pada penelitian ini terdapat dalam sampel serat kapas yaitu sebesar 1,87. Hal tersebut dimungkinkan karena kandungan air yang terdapat dalam campuran penitrasi. Menurut Urbański (1965), kandungan air maksimal dalam campuran penitrasi adalah sebesar 13%. Namun dalam penelitian ini proporsi air yang terdapat dalam campuran nitrasi adalah sebesar 15,26%. Besarnya proporsi tersebut menyebabkan ion nitronium yang terbentuk dalam campuran penitrasi kurang optimal sehingga derajat nitrasi dalam reaksi nitrasi ini belum mencapai tingkatan sesuai yang diinginkan. Penggunaan α -selulosa hasil isolasi dari serat kapuk juga belum mencapai maksimal sebagai alternatif lain sebagai bahan baku selulosa untuk pembuatan propelan yaitu nitroselulosa.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dikakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Temperatur reaksi yang digunakan dalam reaksi nitrasi, berpengaruh terhadap persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari sampel serat kapas, kapuk dan α -selulosa. Semakin tinggi temperatur reaksi, maka semakin besar pula persentase mol nitrogen yang dihasilkan. Akan tetapi, persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa akan turun setelah temperatur optimum tercapai.
2. Temperatur optimum dalam nitroselulosa dari serat kapas yaitu 25°C dengan persentase mol nitrogen 62,49% dan derajat substitusi 1,87. Temperatur optimum dalam nitroselulosa dari serat kapuk yaitu 30°C dengan persentase mol nitrogen 44,71% dan derajat substitusi 1,34. Serta temperatur optimum dalam nitroselulosa dari alfaselulosa serat kapuk yaitu 20°C dengan persentase mol nitrogen 36,94% dan derajat substitusi 1,11.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah:

1. Proporsi air dalam campuran penitrasian sebaiknya dibawah 15% (b/b), misalnya dengan penggunaan larutan HNO_3 yang lebih pekat.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap sampel alfaselulosa hasil isolasi dari serat kapuk mengenai lama reaksi nitrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan, J., 2004, **The Chemistry of Explosives**, Globalspec Inc, New York
- Astika, 2008, **Penentuan Senyawa Kimia pada Buah Kapuk**, BBPK, Bandung
- Astika, I Made, 2010, Eksplorasi Alfaselulosa Buah Kapuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Propelan, Fakultas Pertanian universitas Brawijaya, Skripsi Thesis
- Brady, J. E., 1994, **Kimia Universitas: Asas dan Struktur** , Edisi Kelima, Jilid 1, Alih Bahasa: Pudjaatmaka, A. H., dan Achmadi, S., Erlangga, Jakarta, hal: 2
- Casey, P, 1980, **Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology** Volume I, John Willey & Sons, New York Chichester Brisbane Toronto, p.377-745
- Collop, C, and M. Deffenbaugh, 2008, **Cotton Classroom**, University Of Missouri, Columbia
- Cross, C.F. dan Bevan, E.J., 1912, **Research on Cellulose**, Longmans, Green, Co., London
- Fengel, D. Dan Wegener, G., 1985, **Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi**, Alih Bahasa: Dr. Hardjono Sastrohamidjojo, Gadjah Mada University Press., Yogyakarta
- Fessenden, R.J dan J. S, Fessenden, 1986, **Kimia Organik, Jilid 1, Edisi ketiga**, Alih Bahasa : Hadyama Pudjaatmaka, Ph. D, Erlangga, Jakarta
- Fryxell, P.A, 1984, **Cotton**, American Society of Agronomy Inc. Publishers, Madison,Wisconsin, USA: 27-57
- Groogins, P.H, 1954, **Unit Process in Organic Synthesis, 3th Edition**, McGraw-Hill Company, New York
- Han, J. S. dan Rowell J.S., 1997, **Chemical Composition of Fibers**, CRC Press, London
- Hill, J.B., L.O. Overholts, H.W. Poopp, and A.R. Grove Jr., 1960, **Botany**, McGraw-Hill Book Company. Inc, New York

- Heyne, K. 1988. **Tumbuhan Berguna Indonesia**. Diterjemahkan dan diterbitkan oleh Badan Litbang Kehutanan, Dephut, Jakarta
- Ledgard, J. B., 2007, **The Preparatory Manual of Explosives**, Seattle, Washington, USA
- Keenan, C.W., D.C. Kleinfelter dan J.H. Wood, 1984, **Ilmu Kimia untuk Universitas, Edisi keenam, Jilid 1**, Erlangga, Jakarta
- Kelley, S.S., 2003, Rapid Analysis of The Chemical Composition of Agricultural Fibers Using Near Infrared Spectroscopy and Pyrolysis Molecular Beam Mass Spectrometry. *Journal Biomass and Bioenergy*, **4**: 77-88
- Kertaya, K, 2010,**Pembuatan Nitroselulosa dari Bahan Selulosa Sebagai Komponen Utama Propelan Double Base**, Pusat Teknologi Dirgantara Terapan LAPAN ,Rumpin, Bogor
- Kertaya, K, 2010, Korelasi Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa, *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara LAPAN*, **5(2)**: 74-85
- Koenig, J.L., 1982, New Data Processing Techniques in FT-IR Spectroscopy, *Pure and Applied Chemistry*, **54(2)**: 439-446.
- Koenig, J.L dan Kormos, D,1979, Quantitative Infrared Spectroscopic Measurement of Mixtures Without External Calibration, *Journal of Applied Spectroscopy*, **33**: 349-350
- Lunge, G., 1901, Research on Nitrocellulose, *The Journal Of American Society*, **23**: 553-536
- Meyer, R., 1981, **Eksplosif Verlag Chemie**, Deerfield Beach, Florida-Base.
- Morrison, R. T. and R. N. Boyd, 1992, **Organic Chemistry, Sixth Edition**, Prentice Hall Inc., New York
- Nickel, R.R., 2003, Fast Burning Nitrocellulose Composition, *United States Patent*, **6,645,325** : 4
- Neimo, L., 1999, **Papermaking Chemistry**, Helsinki University.
- Othmer, Kirk, 1982, **Encyclopedia of Chemical Technology 3rd Edition**, John Willey and Son.Inc., New York

Purba, Estu Rina, 2009, Prarancangan Pabrik Mononitrotoluen dari Toluen dan Asam Campuran dengan Proses Kontinyu Kapasitas 45.150 Ton per Tahun. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Skripsi Thesis

Robinson, J.W., E.M.S. Frame, and G. M. Frame., 2005, **Undergraduate Instrumental Analysis , Sixth Edition**, Taylor & Francis e-Library, New York

Shakhashiri, Bassam. Z, 1983, **Combustion of Cellulose Nitrate (Guncotton)**, The University of Wisconsin, Madison

Satibi, Loekman, 2010, **Nitroselulosa dari Kulit Batang Pisang**, Pusat Teknologi Dirgantara Terapan Lapan, Rumpin, Bogor

Solomons, T.W.G., 1991, **Organic Chemistry, Fifth Edition**, John Wiley and Sons Inc, New York

Sugesti, 1986, **Sumber Bahan Baku PULP**, BBPK, Bandung, p: 1-20

Tarmansyah, U.S, 2005, **Pemanfaatan Serat Rami untuk Pembuatan Selulosa**, www.buletinlitbang.dephan.go.id, Tanggal akses: 5 April 2011

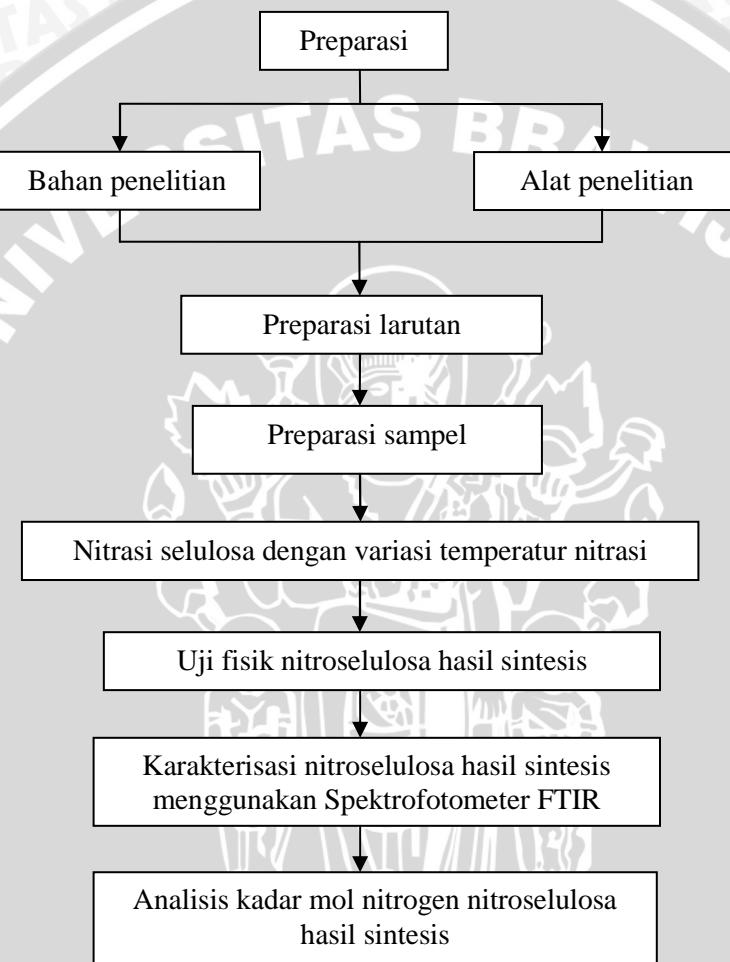
Urbański, T, 1964, **Chemistry and Technology of Explosives**, Volume 1, Pergamon press Ltd, London

Urbański, T., 1965, **Chemistry and Technology of Explosives** Volume 2, Pergamon Press, Ltd, Headington hill hall, Oxford, London

Zlokarnik, M., **Stirring**, Willey-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim

LAMPIRAN

L.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian



L. 2 **Diagram Alir Penelitian**

L.2.1 **Preparasi larutan**

a. **Preparasi larutan NaHCO₃ 10% (b/v)**

Serbuk NaHCO₃

- Ditimbang sebanyak 10 gram dengan neraca nalitik
- Dilarutkan dalam 450 ml aquades
- Dipanaskan dan diaduk menggunakan magnetig stirer hingga larut
- Didinginkan
- Dimasukkan kedalam labu ukur 500 ml
- Ditandabataskan dan dikocok
- Dimasukkan dalam wadah botol dan diberi label

Larutan NaHCO₃ 10%

b. **Preparasi larutan NaOH 17,5% dan 8,3% (b/v)**

Padatan NaOH

- Ditimbang masing-masing sebanyak 17,5 gram dan 8,3 gram dengan neraca analitik
- Dilarutkan dengan 100 mL aquades dalam gelas kimia 100 mL
- Dimasukkan dalam wadah botol dan diberi label

larutan NaOH 17,5% dan 8,3%

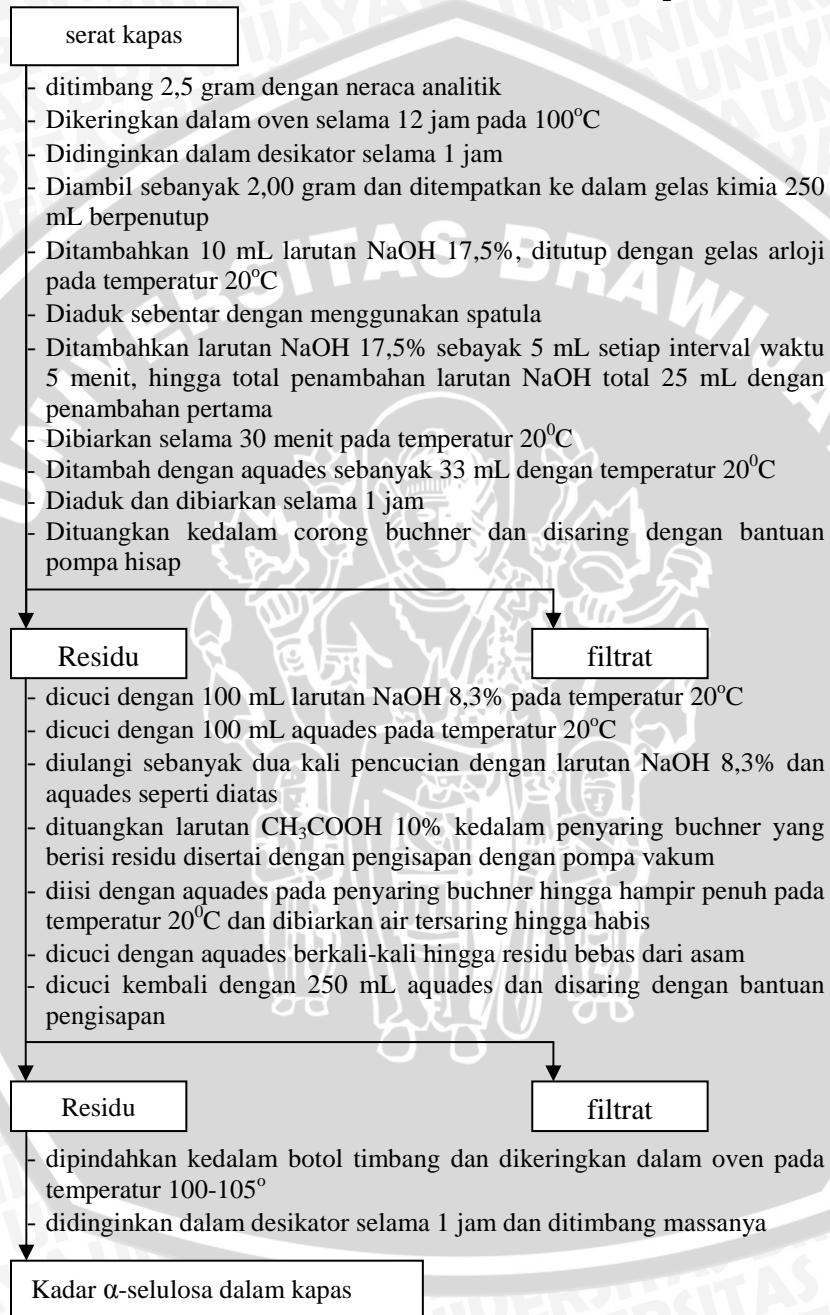
c. **Preparasi larutan CH₃COOH (b/v)**

Asam asetat glasial

- Diambil sebanyak 2,5 mL dengan pipet ukur
- Dimasukkan kedalam labu takar 25 mL
- Ditambah dengan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen
- Dimasukkan dalam wadah botol dan diberi label

larutan CH₃COOH 10%

L.2.2 Penentuan kadar α -selulosa dalam serat kapas



L.2.3. Nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa

Sampel (Kapas, kapuk, dan α -selulosa)

- Digunting kecil-kecil
- Ditimbang sebanyak 2,5 gram dengan neraca analitik
- Dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 100°C
- Di masukkan dalam desikator selama 5 menit kemudian ditimbang massanya
- Dikeringkan kembali dalam oven setelah itu dimasukkan dalam desikator dan ditimbang massanya
- Dilakukan pengeringan kembali hingga massanya konstan
- Diambil sebanyak 2 gram dengan neraca analitik
- Dimasukkan dengan segera kedalam campuran HNO₃ dan H₂SO₄ dengan temperatur 10°C
- Distirrer selama 60 menit dan dijaga temperatur konstan 10°C
- Dimasukkan kedalam air es sebanyak 400 ml dan diaduk-aduk selama 5 menit
- Disaring menggunakan penyaring buchner dengan bantuan pompa vakum

Residu

Filtrat

- Dimasukkan kedalam 100 mL larutan NaHCO₃ 10%
- Diaduk kemudian disaring kembali

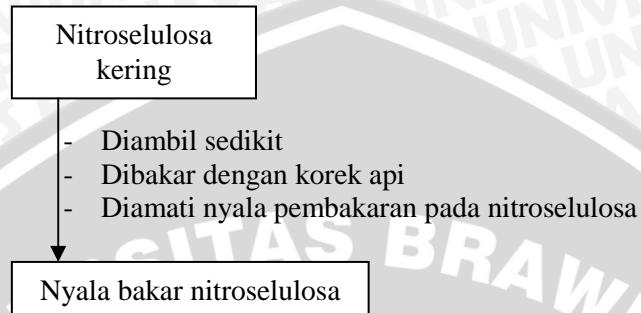
Residu

Filtrat

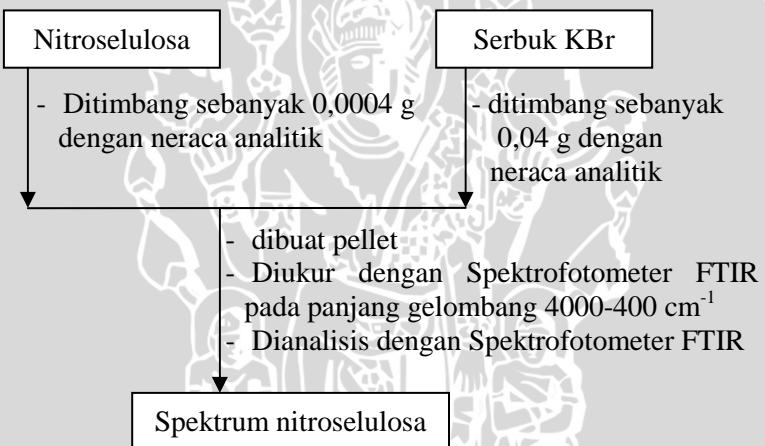
- Dicuci dengan aquades berkali-kali hingga pH nya netral
- Dikeringkan pada temperatur ruang dan dimasukkan dalam wadah sampel
- Ditimbang dengan neraca analitik hingga didapatkan massa konstan

Nitroselulosa

L.2.4. Uji fisik nitroselulosa hasil sintesis



L.2.5. Karakterisasi nitroselulosa hasil sintesis menggunakan Spektrofotometer FTIR



L.3. Penentuan Komposisi Asam Nitrat dan Asam Sulfat dalam Campuran Penitrasi

$$\begin{aligned}\text{Massa HNO}_3 &= 192 \text{ gram} \\ \text{Massa H}_2\text{SO}_4 &= 274 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ HNO}_3 65\% (\text{b/b}) &= 1,39 \text{ g/mL} \\ \rho \text{ H}_2\text{SO}_4 98\% (\text{b/b}) &= 1,84 \text{ g/mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol HNO}_3 &= \frac{\text{Massa} \times \%}{\text{Mr}} \\ &= \frac{192 \text{ g} \times 60/100}{63 \text{ g/mol}} \\ &= 1,83 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Massa} \times \%}{\text{Mr}} \\ &= \frac{274 \text{ g} \times 98/100}{98 \text{ g/mol}} \\ &= 2,74 \text{ mol}\end{aligned}$$

Jadi, perbandingan Mol HNO₃ : Mol H₂SO₄ adalah:

$$\frac{1,83 \text{ mol} : 2,74 \text{ mol}}{0,3 \text{ mol} : 0,5 \text{ mol}} : 6$$

$$\begin{aligned}\text{Molaritas H}_2\text{SO}_4 0,5 \text{ mol} &= \frac{10 \times \rho \times \%}{\text{Mr}} \\ &= \frac{10 \times 1,84 \text{ g/mL} \times 96}{98 \text{ g/mol}} \\ &= 18,03\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{mol}}{\text{M}} \\ &= \frac{0,5 \text{ mol}}{18,03 \text{ mol/L}} \\ &= 0,0277 \text{ L} = 27,7 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi volume larutan H₂SO₄ 96% yang dipipet sebanyak 27,7 mL.

$$\text{Molaritas HNO}_3 0,3 \text{ mol} = \frac{10 \times \rho \times \%}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{10 \times 1,391 \text{ g/mL} \times 65}{63 \text{ g/mol}} \\ = 14,35 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HNO}_3 &= \frac{\text{mol}}{\text{M}} \\ &= \frac{0,3 \text{ mol}}{14,35 \text{ mol/L}} \\ &= 0,0209 \text{ L} = 20,9 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi volume larutan HNO_3 65% yang dipipet sebanyak 20,9 mL.

L.4. Penentuan Proporsi Komponen dalam Campuran Penitrasni

Proporsi air dalam campuran penitrasni merupakan jumlah air yang terdapat dalam banyaknya larutan masing-masing asam sulfat dan asam nitrat.

$$\text{Volume larutan H}_2\text{SO}_4 96\% = 27,7 \text{ mL}$$

$$\text{Massa larutan H}_2\text{SO}_4 = 27,7 \text{ mL} \times (1,84 \text{ g/mL}) = 50,97 \text{ gram}$$

$$\text{Massa H}_2\text{SO}_4 = (96/100) \times 50,97 \text{ gram} = 48,93 \text{ gram}$$

$$\text{Massa air} = (4/100) \times 50,97 \text{ gram} = 2,04 \text{ gram}$$

$$\text{Volume larutan HNO}_3 65\% = 20,9 \text{ mL}$$

$$\text{Massa larutan HNO}_3 = 20,9 \text{ mL} \times (1,39 \text{ g/mL}) = 29,05 \text{ gram}$$

$$\text{Massa HNO}_3 = (65/100) \times 29,05 \text{ gram} = 18,88 \text{ gram}$$

$$\text{Massa air} = (35/100) \times 29,05 \text{ gram} = 10,17 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa total larutan} &= \text{massa H}_2\text{SO}_4 + \text{massa HNO}_3 + \text{massa air total} \\ &= 48,93 \text{ gram} + 18,88 \text{ gram} + 12,21 \text{ gram} \\ &= 80,02 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ air dalam campuran penitrasni (w/w)} &= \frac{\text{m.air total}}{\text{m.total larutan}} \times 100\% \\ &= (12,21 \text{ g} / 80,02 \text{ g}) \times 100\% \\ &= 15,26\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ HNO}_3 \text{ dalam campuran penitrasni (w/w)} &= \frac{\text{m.HNO}_3}{\text{m.total larutan}} \times 100\% \\ &= (18,88 \text{ g} / 80,02 \text{ g}) \times 100\% \\ &= 23,59\%\end{aligned}$$

$$\% \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ dalam campuran penitrasni (w/w)} = \frac{\text{m.H}_2\text{SO}_4}{\text{m.total larutan}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= (48,93 \text{ g}/80,02 \text{ g}) \times 100\% \\ &= 61,15\% \end{aligned}$$

L.5. Hubungan Derajat Subtitusi (DS) dengan Persentase Mol Nitrogen Teoritis dalam Nitroselulosa

Untuk DS = 1

$$\begin{aligned} \% \text{ N (mol)} &= (1 \text{ mol}/3 \text{ mol}) \times 100\% \\ &= 33,33\% \end{aligned}$$

Untuk DS = 2

$$\begin{aligned} \% \text{ N (mol)} &= (2 \text{ mol}/3 \text{ mol}) \times 100\% \\ &= 66,66\% \end{aligned}$$

Untuk DS = 3

$$\begin{aligned} \% \text{ N (mol)} &= (3 \text{ mol}/3 \text{ mol}) \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

L.6. Hubungan Derajat Subtitusi (DS) dengan Persentase Berat Nitrogen dalam Nitroselulosa

Berdasarkan rumus umum nitroselulosa $C_6H_{10-x}O_{5-x}(ONO_2)_x$, di mana x merupakan jumlah gugus nitro yang masuk, maka hubungan antara banyaknya atom hidrogen pada gugus hidroksil terhadap persentase berat nitrogen teoritis dalam nitroselulosa adalah:

Untuk DS = 1

$$\begin{aligned} \text{Maka } x &= 1, \text{ sehingga rumus molekul nitroselulosa} = C_6H_9O_4(ONO_2) \\ \% \text{ N (b/b)} &= (1x \text{ Ar N/Mr } C_6H_9O_4(ONO_2)) \times 100\% \\ &= (1x 14 / ((6x12)+(9x1)+(4x16)+(16)+(14)+(2x16))) \times 100\% \\ &= (14 / 207) \times 100\% \\ &= 6,76\% \end{aligned}$$

Untuk DS = 2

$$\begin{aligned} \text{Maka } x &= 2, \text{ sehingga rumus molekul nitroselulosa} = C_6H_8O_3(ONO_2)_2 \\ \% \text{ N (b/b)} &= (2x \text{ Ar N/Mr } C_6H_8O_3(ONO_2)_2) \times 100\% \\ &= (2x 14 / ((6x12) + (8x1) + (3x16) + (2x16) + (2x14) + (4x16))) \times 100\% \\ &= (28 / 252) \times 100\% \\ &= 11,11\% \end{aligned}$$

Untuk DS = 3

Maka x = 3, sehingga rumus molekul nitroselulosa = $C_6H_7O_2(ONO_2)_3$

$$\% \text{ N (b/b)} = (2x \text{ Ar N/Mr } C_6H_7O_2(ONO_2)_3) \times 100 \%$$

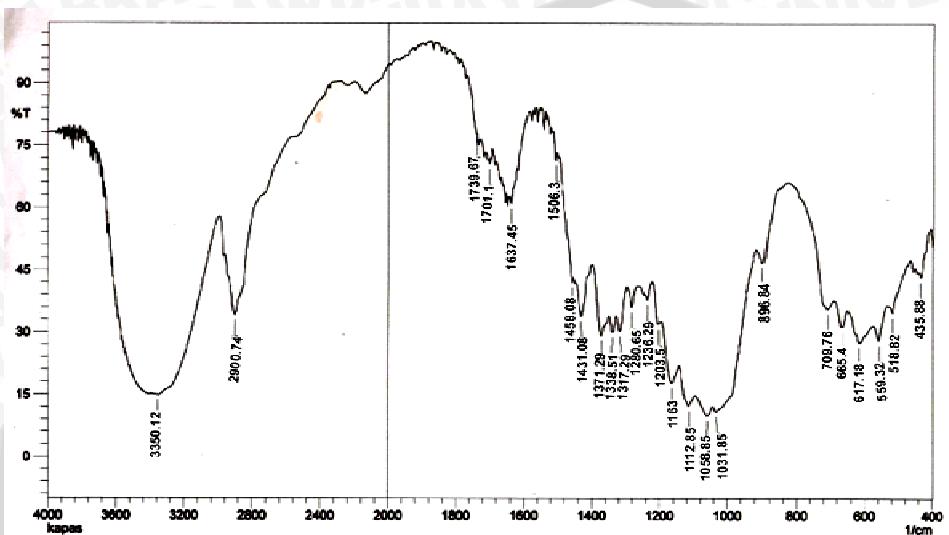
$$= (3x 14 / ((6x12) + (7x1) + (2x16) + (3x16) + (3x14)) + (6x16)) \times 100\%$$

$$= (42 / 297) \times 100 \%$$

$$= 14,14 \%$$

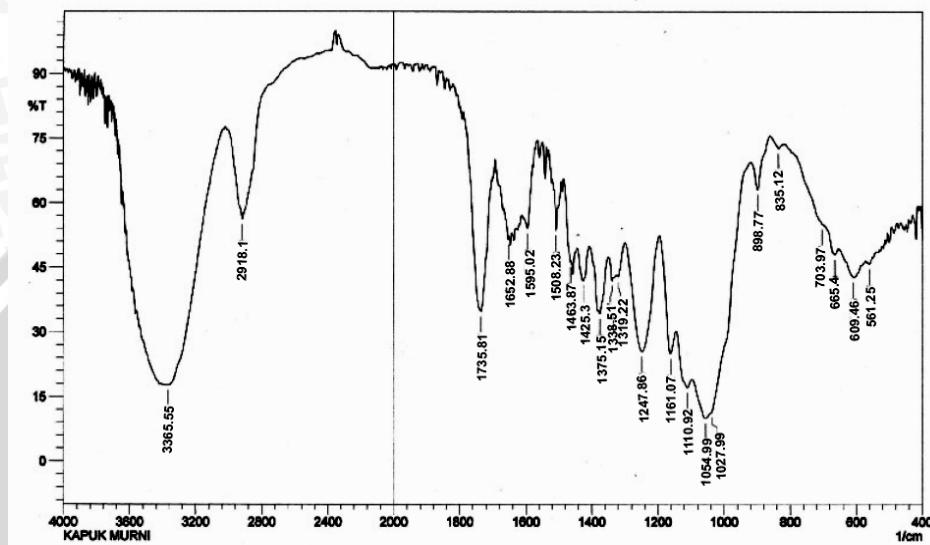


L.7. Spektrum FTIR Serat Serat Kapas



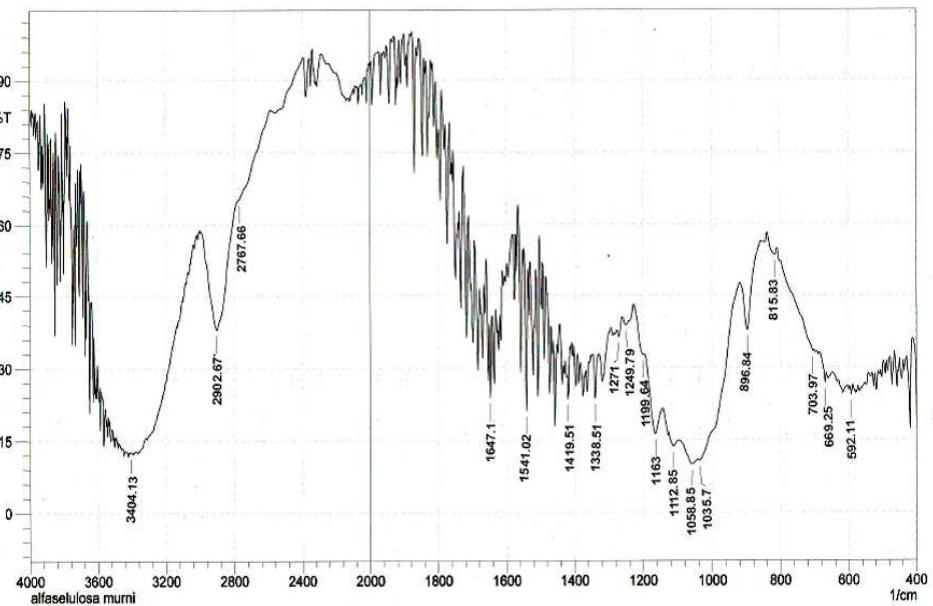
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	435,88	43,308	2,457	439,74	406,95	10,163	0,151
2	518,82	34,73	4,364	534,25	476,38	23,211	0,866
3	559,32	28,08	5,206	572,82	534,25	19,186	1,08
4	617,18	27,57	5,936	651,89	578,6	37,796	2,848
5	665,4	31,353	0,536	667,32	651,89	7,429	0,058
6	709,76	35,651	6,092	823,55	690,47	39,133	-1,098
7	896,84	46,089	7,165	914,2	850,55	16,714	1,108
8	1031,85	10,931	4,634	1043,42	914,2	87,065	8,513
9	1058,85	10	2,981	1095,49	1043,42	48,16	2,808
10	1112,85	12,35	5,213	1141,78	1095,49	38,39	4,037
11	1163	17,732	8,494	1195,78	1141,78	35,188	4,344
12	1203,5	31,973	3,452	1222,79	1195,78	12,045	0,439
13	1236,29	37,784	4,015	1257,5	1222,79	13,911	0,708
14	1280,65	36,076	4,919	1296,08	1265,22	12,575	0,624
15	1317,29	30,292	5,907	1326,93	1296,08	14,218	1,011
16	1338,51	30,066	3,969	1350,08	1326,93	11,418	0,585
17	1371,29	29,282	4,749	1398,3	1365,51	14,519	0,791
18	1431,08	33,884	9,525	1446,51	1402,15	17,908	2,101
19	1458,08	41,989	3,853	1494,73	1454,23	10,643	0,363
20	1506,3	71,445	2,939	1514,02	1504,37	1,245	0,088
21	1637,45	60,957	3,422	1643,24	1620,09	4,408	0,225
22	1701,1	70,486	1,455	1703,03	1699,17	0,569	0,017
23	1739,67	77,704	0,944	1766,67	1737,74	2,157	0,031
24	2900,74	34,177	18,868	2960,53	2569,01	97,911	14,641
25	3350,12	14,863	0,267	3352,05	2993,32	196,329	8,954

L.8. Spektrum FTIR Kapuk



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base(H)	Base(L)	Area	Corr.Are
1	561,25	45,878	0,76	567,03	551,6	5,153	0,062
2	609,,46	42,775	3,869	653,82	588,25	22,627	1,276
3	665,4	48,029	2,74	817,76	655,75	34,987	0,474
4	703,97	55,064	0,399	813,9	702,04	20,894	-1,003
5	835,12	72,72	1,781	860,19	817,76	5,588	0,206
6	898,77	63,146	8,472	919,98	860,19	9,552	1,187
7	1027,99	10,543	13,719	1014,49	898,77	95,811	11,83
8	1054,99	10	20,617	1095,49	919,98	104,618	27,369
9	1110,92	17,159	5,079	1143,71	1097,42	32,198	3,257
10	1161,07	25,045	12,234	1193,85	1145,64	22,763	3,276
11	1247,86	25,545	25,926	12,8	1195,78	45,426	15,964
12	1319,22	42,864	2,088	1325,01	1299,93	8,413	0,152
13	1338,51	41,965	1,925	1350,08	1334,65	5,385	0,032
14	1375,15	34,299	14,099	1402,15	1350,08	20,416	3,998
15	1425,3	41,939	0,955	1427,23	1407,94	6,656	0,125
16	1463,87	46,277	1,891	1485,09	1461,94	6,162	0,208
17	1508,23	53,693	9,867	1514,02	1492,8	4,791	0,676
18	1595,02	54,097	7,731	1606,59	1579,59	6,265	0,736
19	1652,88	51,497	1,685	1666,38	1650,95	4,025	0,075
20	1735,81	34,826	40,254	1787,89	1693,38	25,893	14,265
21	2918,1	56,278	24,463	3006,82	2754,16	37,785	16,273
22	3365,55	17,64	0,763	3369,41	3037,68	132,291	2,636

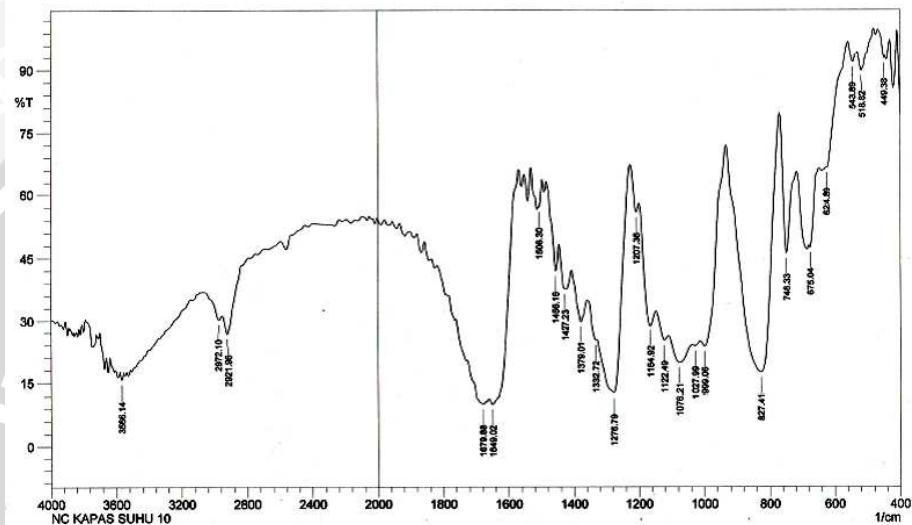
L.9. Spektrum FTIR Alfaselulosa Serat Kapuk



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base(H)	Base(L)	Area	Corr.Are
1	592,11	24,271	1,927	597,89	588,25	5,745	0,128
2	669,25	26,782	2,906	684,68	665,4	10,031	0,197
3	703,97	33,435	0,599	796,55	702,04	35,776	0,037
4	815,83	53,327	2,353	837,05	808,12	7,6	0,419
5	896,84	37,848	12,678	918,05	858,26	19,746	2,634
6	1035,7	10,726	1,943	1041,49	919,98	78,372	2,376
7	1058,85	10	2,066	1097,42	1043,42	50,174	1,824
8	1112,85	13,689	3,338	1141,78	1099,35	34,004	2,18
9	1163	16,298	9,538	1193,85	1143,71	33,608	4,552
10	1199,64	32,689	1,428	1226,64	1195,78	13,397	0,294
11	1249,79	38,816	1,257	1261,36	1240,14	8,562	0,144
12	1271	36,381	2,389	1276,79	1261,36	6,528	0,233
13	1338,51	23,695	9,124	1346,22	1328,86	9,23	0,831
14	1419,51	23,534	6,251	1421,44	1413,72	4,308	0,403
15	1541,02	21,145	30,721	1548,73	1537,16	5,16	1,928
16	1647,1	23,865	16,045	1650,95	1643,24	3,803	0,725
17	2767,66	65,175	0,438	2771,52	2584,44	24,609	0,349
18	2902,67	38,024	23,097	2989,46	2775,52	66,954	21,329
19	3404,13	12,455	0,069	3406,05	3400,27	5,229	0,008

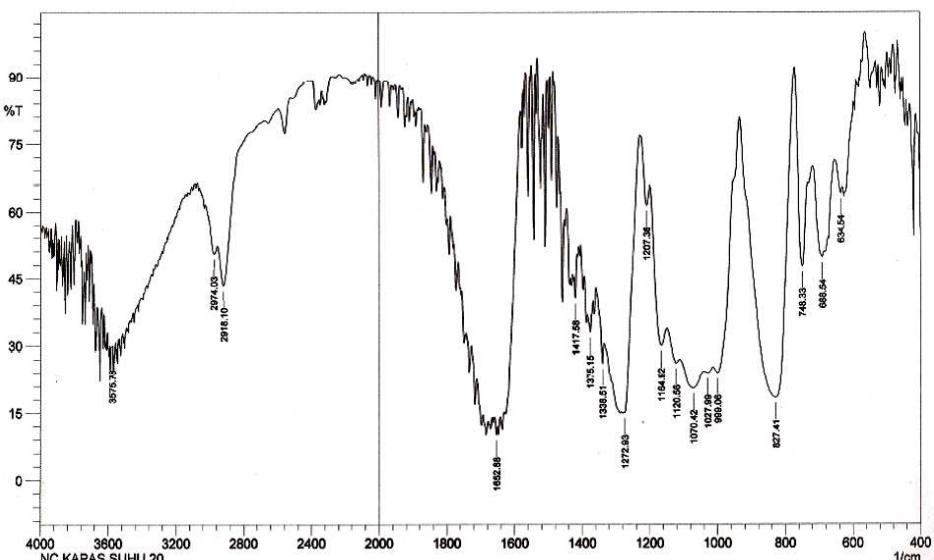
L.10. Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Kapas

L.10.1 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 10°C



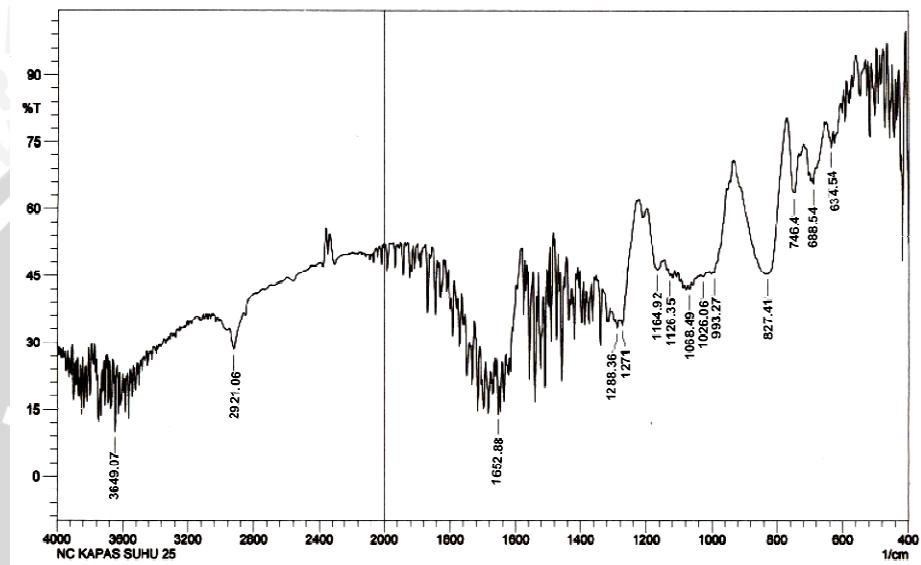
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	449,38	92,747	1,437	466,67	445,53	0,355	-0,017
2	518,82	89,792	5,885	530,39	482,17	1,33	0,716
3	543,89	91,828	3,037	559,32	536,17	0,688	0,188
4	624,89	66,522	0,876	626,82	559,32	5,764	-0,685
5	675,04	47,496	2,821	678,9	648,04	7,569	-0,095
6	748,33	46,1	27,739	769,54	717,47	11,84	4,47
7	827,41	17,424	59,111	931,55	771,47	73,751	54,071
8	999,06	23,609	9,252	1012,56	933,48	32,972	3,38
9	1027,99	23,751	0,509	1037,63	1012,56	15,501	0,124
10	1076,21	19,746	5,296	1108,99	1039,56	45,922	4,031
11	1122,49	25,051	3,187	1147,57	1108,99	21,73	0,993
12	1164,92	28,726	12,023	1199,64	1147,57	22,653	3,647
13	1207,38	55,952	4,499	1226,64	1199,64	5,961	0,413
14	1276,79	12,615	34,016	1328,86	1226,64	63,874	24,953
15	1322,72	25,093	1,428	1357,79	1328,86	15,544	0,283
16	1379,01	29,648	8,39	1406,01	1357,79	22,679	2,582
17	1427,23	37,578	7,68	1446,51	1406,01	15,931	1,887
18	1456,18	41,9	10,06	1485,09	1446,51	11,24	1,286
19	1506,3	57,212	1,098	1508,23	1496,66	2,591	0,057
20	1649,02	10	9,234	1662,52	1569,95	59,903	9,641
21	1679,88	10,052	1,964	1726,17	1672,17	48,226	2,92
22	2921,96	26,705	7,22	2952,81	2790,8	71,992	4,279
23	2972,1	30,311	1,863	3058,89	2954,74	49,427	0,73
24	3566,14	15,759	1,8	3575,78	3554,56	16,618	0,588

L.10.2 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 20°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	634,54	64,16	2,627	653,82	628,75	4,257	0,106
2	688,54	49,614	4,502	717,47	682,75	8,631	0,854
3	748,33	47,633	30,326	769,54	730,97	8,194	4,509
4	827,41	18,423	69,434	931,55	771,47	69,028	58,618
5	999,06	23,991	10,77	1012,56	933,48	30,968	4,61
6	1027,99	23,97	0,746	1039,56	1014,49	15,397	0,206
7	1070,42	20,526	4,905	1108,99	1041,49	43,648	3,644
8	1120,56	26,176	2,614	1147,57	1110,92	19,936	0,802
9	1164,92	30,01	14,2	1195,78	1149,5	19,636	4,133
10	1207,36	61,421	8,008	1226,64	1197,71	4,953	0,662
11	1272,93	15,021	2,563	1274,86	1228,57	18,621	0,287
12	1338,51	26,084	6,4	1355,86	1334,65	10,017	0,427
13	1375,15	32,918	5,322	1382,87	1365,51	7,735	0,516
14	1417,58	40,55	7,189	1421,44	1413,72	2,764	0,282
15	1652,88	10,126	2,704	1658,67	1649,02	8,879	0,333
16	2918,1	43,466	14,306	2954,74	2800,45	36,265	5,111
17	2974,03	50,465	4,27	3008,75	2954,74	14,807	1,056
18	3575,78	29,785	0,147	3577,71	3571,92	3,032	0,003

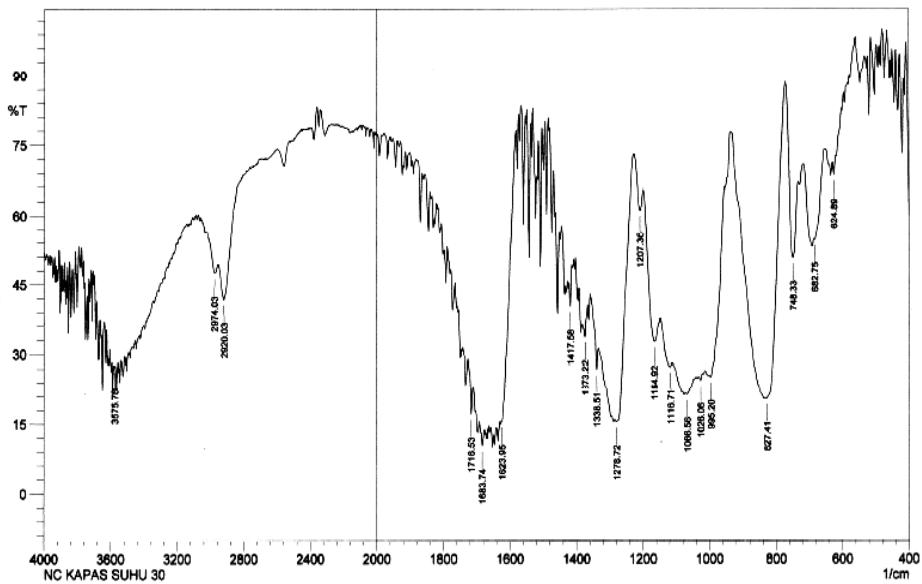
L.10.3 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 25°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	634,54	73,903	2,676	638,39	628,75	1,174	0,065
2	688,54	65,675	2,151	692,4	682,75	1,656	0,046
3	746,4	63,702	11,712	769,54	732,9	5,747	1,46
4	827,41	45,438	1,287	829,33	771,47	13,282	1,021
5	993,27	45,657	1,051	997,13	985,56	3,844	0,05
6	1026,06	44,851	0,659	1033,77	1016,42	5,987	0,059
7	1068,49	42,089	1,152	1072,35	1062,7	3,574	0,066
8	1126,35	45,027	0,595	1134,07	1124,42	3,272	0,021
9	1164,92	46,479	4,993	1195,78	1153,35	12,724	1,22
10	1271	33,881	3,557	1274,86	1228,57	14,851	0,286
11	1288,36	33,244	2,089	1294,15	1282,57	5,35	0,122
12	1652,88	13,948	8,829	1658,67	1649,02	6,751	0,632
13	2921,96	28,542	5,769	2950,89	2862,17	43,441	2,844
14	3649,07	10	13,134	3652,93	3637,5	11,369	1,719

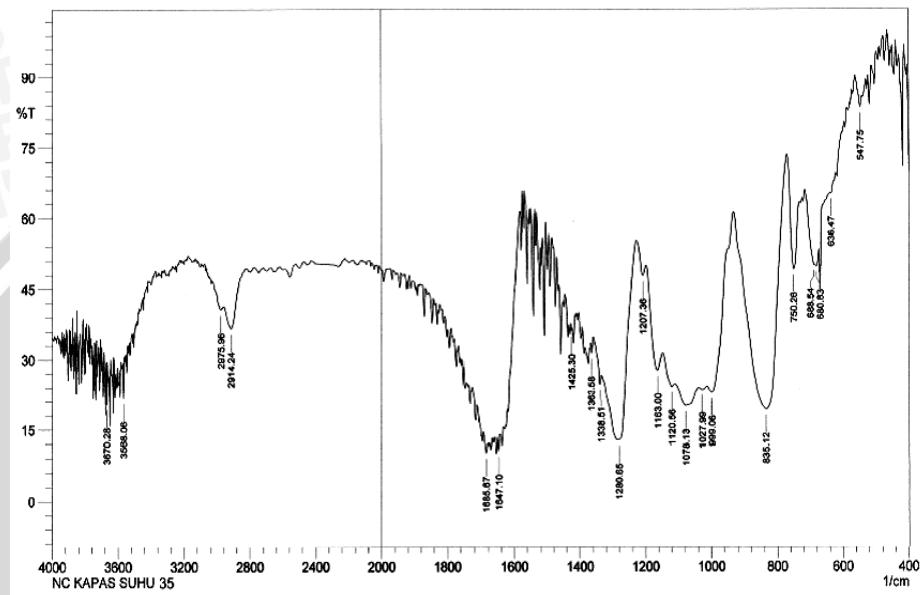
L.10.4

Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 30°C



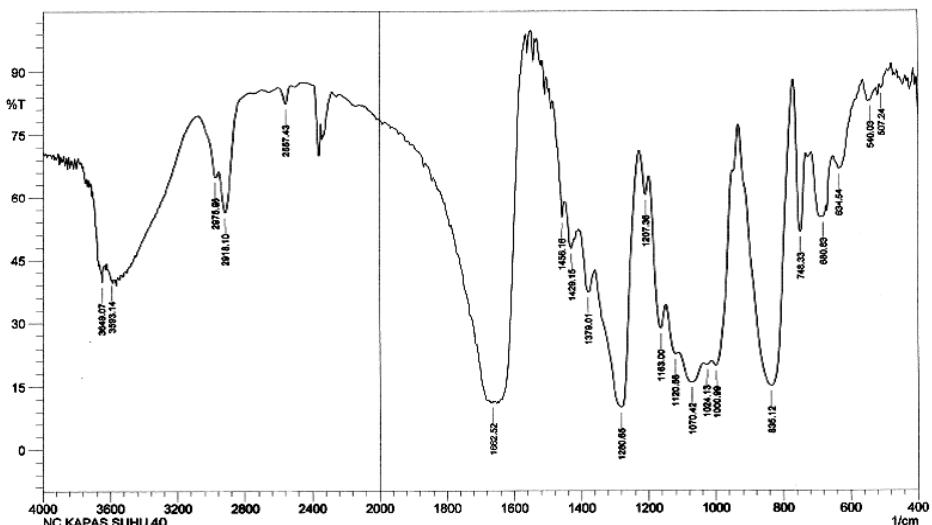
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	624,89	68,533	3,346	628,75	619,11	1,468	0,091
2	682,75	54,692	1,389	684,68	653,82	6,363	0,335
3	748,33	50,738	25,424	769,54	732,9	7,394	3,258
4	827,41	20,505	4,53	831,26	771,47	22,653	2,199
5	995,2	25,217	13,173	1012,56	954,7	28,727	5,23
6	1026,06	24,56	1,148	1031,85	1020,27	6,929	0,102
7	1066,56	21,473	0,724	1070,42	1011,19	10,391	0,213
8	1116,71	27,429	1,72	1145,64	1112,85	17,072	0,93
9	1164,92	32,715	14,852	1195,78	1147,57	18,928	4,003
10	1207,36	61,138	7,079	1224,71	1197,71	4,958	0,64
11	1278,72	15,438	4,405	1282,75	1226,64	25,381	1,61
12	1338,51	26,822	6,223	1355,86	1334,65	9,888	0,406
13	1373,22	33,758	5,027	1382,87	1365,51	7,627	0,43
14	1417,58	40,283	7,052	1421,44	1413,72	2,777	0,268
15	1623,95	15,542	2,778	1652,88	1581,52	18,014	0,264
16	1683,74	10,311	4,137	1691,46	1677,95	12,236	0,88
17	1716,53	17,123	8,227	1726,17	1710,74	9,953	0,811
18	2920,03	41,796	11,848	2952,81	2802,38	39,568	5,051
19	2974,03	47,495	3,909	3008,75	2954,74	16,321	1,004
20	3575,78	27,551	0,162	3577,71	3571,92	3,23	0,008

L.10.5 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 35°C



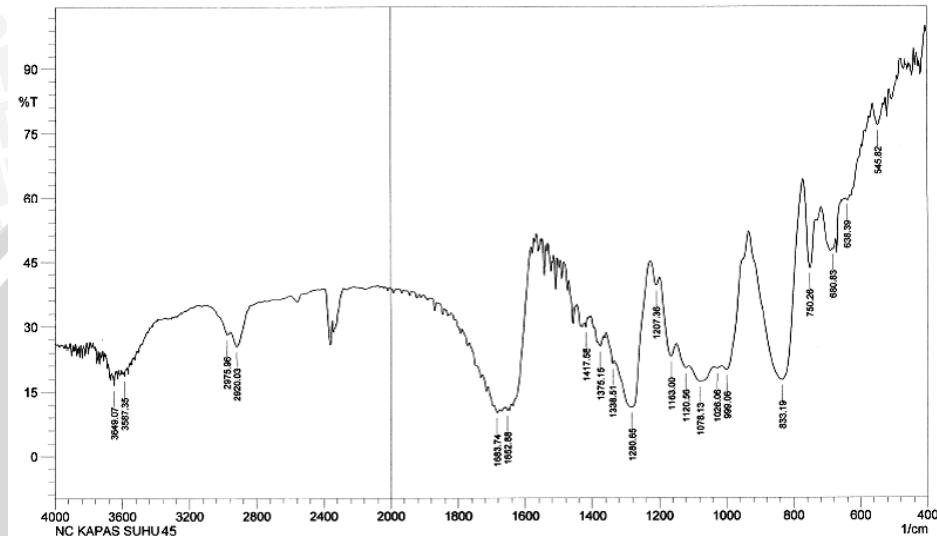
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	547,75	83,519	3,577	561,25	541,96	1,24	0,16
2	636,47	65,248	0,646	638,39	628,75	1,731	0,028
3	680,83	49,765	1,743	686,61	673,11	3,996	0,129
4	688,54	50,064	1,128	715,54	686,61	7,102	0,153
5	750,26	49,193	18,946	769,54	732,9	8,693	2,606
6	835,12	19,248	49,287	931,55	771,47	73,23	45,477
7	999,06	22,857	7,742	1012,56	950,84	31,033	4,029
8	1027,99	23,586	0,466	1037,63	1012,56	15,627	0,126
9	1078,13	19,99	4,369	1108,99	1039,56	46,064	3,408
10	1120,56	24,182	2,321	1012,56	1110,92	21,27	0,848
11	1163	27,659	9,046	1037,63	1149,5	22,086	3,214
12	1207,36	47,839	3,896	1108,99	1197,71	8,521	0,437
13	1280,65	12,857	1,568	1147,57	1228,57	28,847	0,959
14	1338,51	24,757	3,133	1195,78	1334,65	13,146	0,184
15	1363,58	31,346	2,724	1367,44	1359,72	3,728	0,12
16	1425,3	36,092	1,096	1427,23	1423,37	1,682	0,025
17	1647,1	10,618	3,061	1650,95	1643,24	7,02	0,354
18	1685,67	10,167	3,205	1693,38	1677,95	14,264	0,753
19	2914,24	36,641	7,348	2956,67	2840,95	44,399	4,143
20	2975,96	40,705	0,794	3008,75	2970,17	14,459	0,277
21	3568,06	21,715	8,523	3573,85	3564,21	5,579	0,551
22	3670,28	20,412	9,069	3674,14	3668,36	3,541	0,471

L.10.6 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 40°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	507,24	85,935	1,85	513,03	489,89	1,302	0,094
2	540,33	82,983	0,757	543,89	522,67	1,57	0,032
3	634,54	66,731	6,562	651,89	586,32	9,214	1,454
4	680,83	55,145	0,5	682,75	671,18	2,907	0,04
5	748,33	51,603	26,271	769,51	732,9	7,13	3,333
6	835,12	15,114	68,453	931,55	771,47	73,509	60,036
7	1000,99	19,923	9,68	1012,56	950,84	31,219	5,469
8	1024,13	20,153	0,608	1037,63	1012,56	17,298	0,164
9	1070,42	15,965	5,654	1108,99	1037,63	52,798	5,375
10	1120,56	22,706	3,36	1147,57	1110,92	21,558	1,241
11	1163	28,706	14,422	1195,78	1149,5	19,601	4,196
12	1207,36	60,601	6,556	1226,64	1197,71	5,432	0,605
13	1280,65	10	49,931	1357,79	1226,64	77,13	43,322
14	1379,01	37,243	9,52	1402,15	1359,72	16,062	2,131
15	1429,15	47,71	4,687	1450,37	1421,44	8,171	0,496
16	1456,16	55,056	7,778	1469,66	1450,37	4,025	0,433
17	1662,52	11,202	0,273	1664,45	1469,66	7,294	0,041
18	2557,43	82,359	4,179	2594,08	1664,45	5,009	0,642
19	2918,1	56,315	14,546	2954,74	2954,74	22,53	4,95
20	2975,96	64,953	0,654	3062,75	3062,75	12,383	-0,708
21	3593,14	40,303	0,429	3604,71	3604,71	5,231	0,042
22	3649,07	39,767	2,716	3652,93	3652,93	7,176	0,107

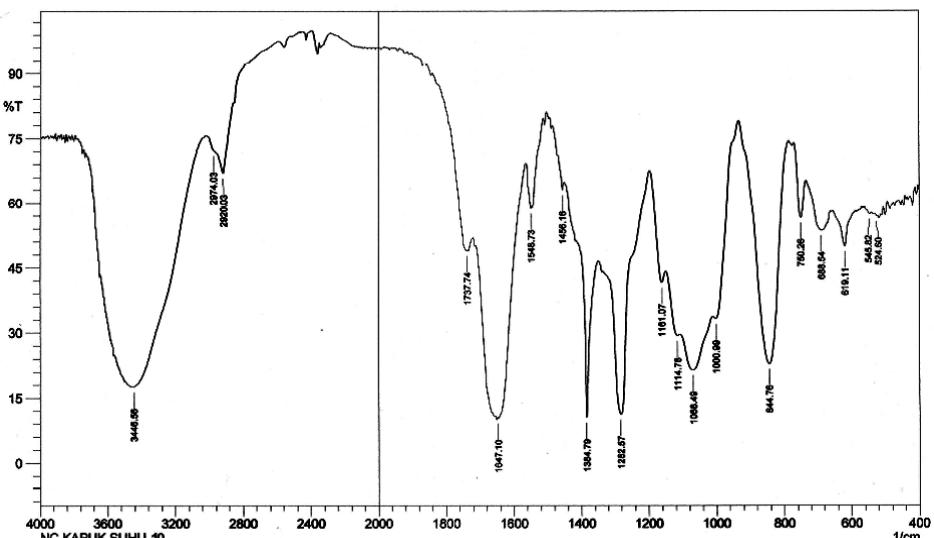
L.10.7 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapas Temperatur 45°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	545,82	76,615	0,847	547,75	530,39	1,82	0,069
2	638,39	59,315	0,626	642,25	630,68	2,599	0,036
3	680,83	47,756	0,606	682,75	673,11	3,043	0,055
4	750,26	43,361	15,51	771,47	732,9	11,144	2,349
5	833,19	17,572	41,896	931,55	771,47	81,855	43,779
6	999,06	19,84	5,582	1010,92	933,48	39,303	2,879
7	1026,06	20,266	0,351	1037,63	1012,56	17,292	0,103
8	1078,13	17,162	3,441	1110,92	1037,63	53,609	3,305
9	1120,56	20,284	1,559	1147,57	1112,85	22,811	0,662
10	1163	23,081	7,244	1195,78	1149,5	25,806	3,098
11	1207,36	39,446	3,197	1224,71	1197,71	10,294	0,437
12	1280,65	11,289	21,968	1332,72	1226,64	74,922	21,092
13	1338,51	21,823	1,859	1357,79	1334,65	14,066	0,163
14	1375,15	25,351	1,74	1384,79	1365,51	11,211	0,269
15	1417,58	29,857	1,496	1421,44	1413,72	3,97	0,084
16	1652,88	10,574	0,577	1658,67	1649,02	9,266	0,091
17	1683,74	10	1,171	1693,38	1676,03	16,878	0,383
18	2920,03	25,428	5,158	2954,74	2833,24	64,717	4,315
19	2975,96	28,145	0,468	3018,39	2972,1	24,127	0,058
20	3587,35	18,658	1,091	3591,21	3573,85	12,222	0,104
21	3649,07	16,479	2,613	3654,85	3673,5	12,726	0,317

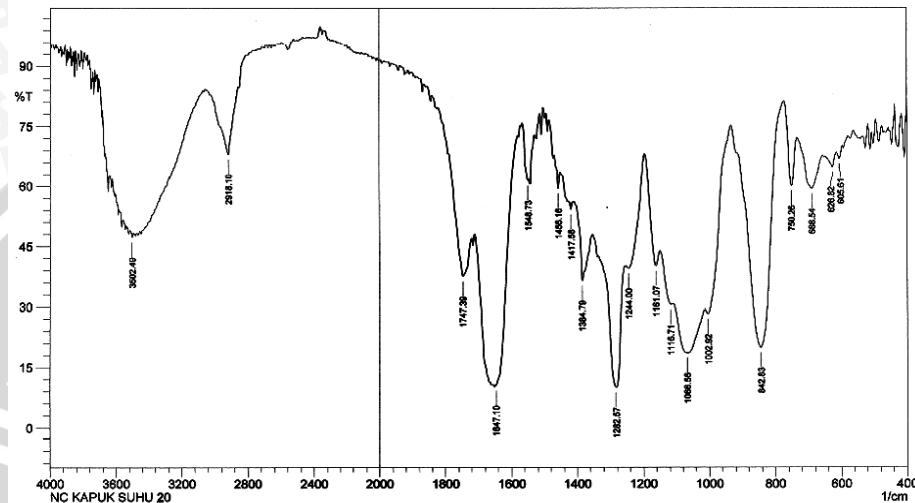
L.11. Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapuk

L.11.1 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapuk Temperatur 10°C



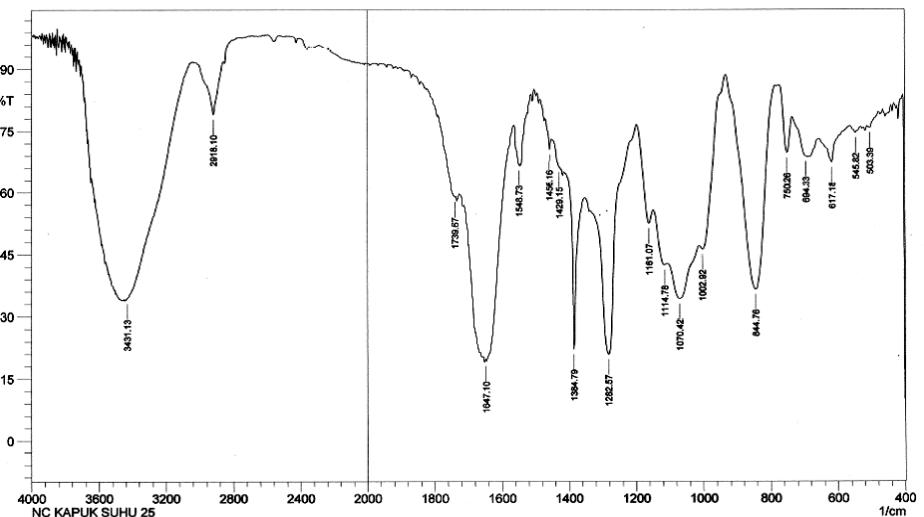
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	524,6	56,806	0,259	528,46	520,74	1,887	0,007
2	545,82	57,369	0,583	563,18	540,03	5,474	0,041
3	619,11	49,906	8,179	653,82	588,25	17,053	1,582
4	688,54	53,367	4,477	734,83	671,18	15,224	1,137
5	750,26	58,531	12,545	769,54	734,83	6,998	1,494
6	844,76	22,859	53,252	931,55	786,9	48,82	32,001
7	1000,99	33,168	6,184	1010,63	933,48	21,875	-0,295
8	1068,49	21,454	9,752	1107,06	1010,63	56,278	7,966
9	1114,78	29,251	2,949	1149,5	1107,06	19,609	0,834
10	1161,07	41,535	8,424	1195,78	1149,5	13,496	1,322
11	1282,57	11,913	41,715	1334,65	1195,78	60,089	23,588
12	1384,79	10,508	38,555	1413,72	1350,08	28,148	8,311
13	1456,16	63,02	3,716	1469,66	1450,37	3,407	0,168
14	1548,73	58,67	1,403	1564,16	1546,8	3,447	0,065
15	1647,1	10,323	1,573	1649,02	1564,16	41,342	1,045
16	1737,74	48,898	1,083	1839,96	1735,81	15,219	-3,198
17	2920,03	66,959	13,288	3016,46	2856,38	21,516	5,489
18	2974,03	72,192	0,158	3018,39	2972,1	6,016	-0,066
19	3446,56	17,556	0,396	3448,49	3035,75	168,235	1,615

L.11.2 Spektrum FTIR nitroselulosa dari serat kapuk Temperatur 20°C



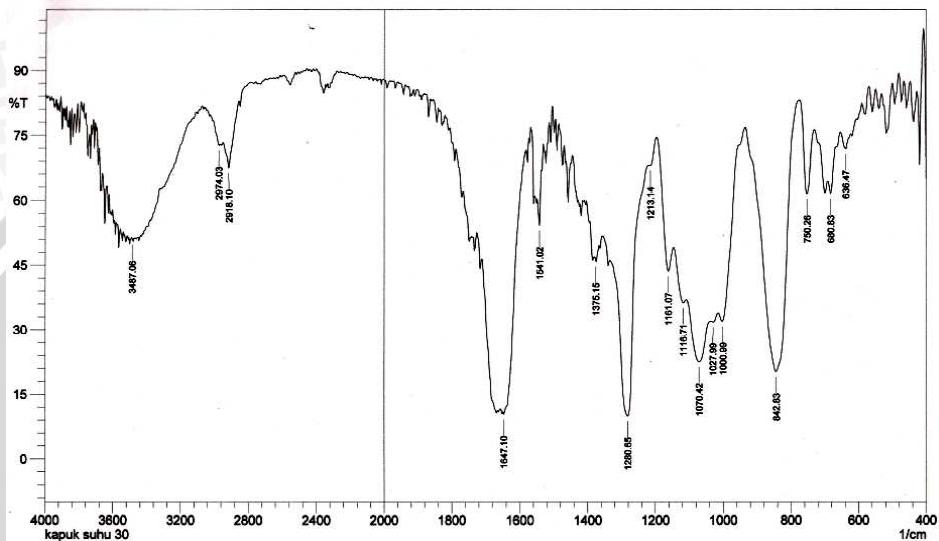
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	605,61	66,839	2,358	613,32	595,96	2,912	0,146
2	626,82	64,748	3,313	648,04	613,32	6,153	0,326
3	688,54	59,32	10,263	732,9	655,75	14,712	2,705
4	750,26	60,059	16,153	771,47	732,9	6,309	1,829
5	842,83	19,925	58,624	933,48	771,47	54,391	37,028
6	1002,92	28,215	6,674	1012,56	933,48	26,279	0,297
7	1066,56	18,529	11,51	1108,99	1014,49	60,812	11,31
8	1116,71	30,563	2,659	1149,5	1108,99	18,287	0,655
9	1161,07	40,101	10,077	1193,85	1149,5	13,576	1,937
10	1244	39,46	5,216	1253,64	1193,85	18,826	2,003
11	1282,57	10	30,944	1334,65	1255,57	48,504	18,121
12	1384,79	36,478	16,24	1402,15	1352,01	17,853	3,383
13	1417,58	54,134	1,831	1421,44	1413,72	2,001	0,056
14	1456,16	59,399	5,41	1469,66	1450,37	3,793	0,268
15	1548,73	61,368	1,907	1566,09	1546,8	3,384	0,215
16	1047,1	10,470	2,031	1649,02	1581,52	32,868	0,807
17	1747,39	37,53	17,301	1787,89	1722,31	21,725	5,229
18	2918,1	68,01	16,145	3026,1	2858,31	19,929	7,128
19	3502,49	47,242	1,079	3506,35	3496,7	3,089	0,042

L.11.3 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapuk Temperatur 25°C



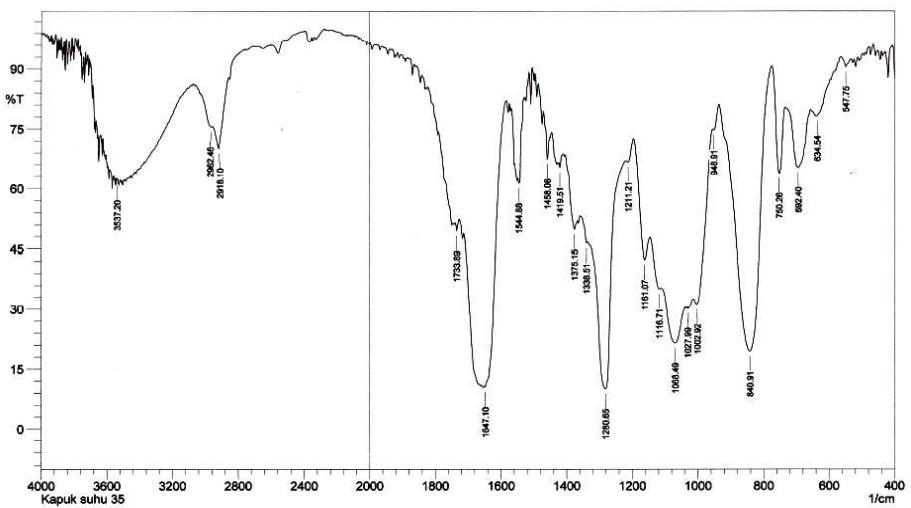
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	503,39	75,78	0,4	505,31	478,31	2,98	0,03
2	545,82	74,54	0,53	553,53	541,96	1,46	0,02
3	617,18	67,37	6,23	655,75	594,03	9,14	0,88
4	694,33	68,81	0,45	734,83	692,4	5,67	-0,02
5	750,26	69,73	11,87	771,47	734,83	4,33	1,19
6	844,76	36,57	50,36	931,55	786,9	32,56	23,93
7	1002,92	46,22	5,75	1012,06	931,55	15,51	0,1
8	1070,42	34,28	10,12	1107,06	1012,56	38,05	5,16
9	1114,78	42,44	2,77	1147,57	1107,06	13,32	0,7
10	1161,07	52,47	8,83	1197,71	1147,57	10,56	1,27
11	1282,57	20,91	42,6	1334,65	1197,71	41,98	16,66
12	1384,79	22,16	40,03	1407,94	1352,01	16,8	5,03
13	1429,15	66,21	0,77	1444,58	1427,23	2,8	0,05
14	1456,16	70,51	4,04	1469,66	1450,37	2,51	0,15
15	1548,73	66,63	1,21	1556,45	1546,8	1,6	0,05
16	1647,1	19,330	1,81	1649,02	1562,23	30,89	0,91
17	1739,67	58,89	1,69	1787,89	1735,81	8,99	0,36
18	2918,1	79,08	12,52	3006,82	2856,38	9,87	4,1
19	3431,13	34,34	0,38	3433,06	3058,89	87,71	0,56

L.11.4 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapuk Temperatur 30°C



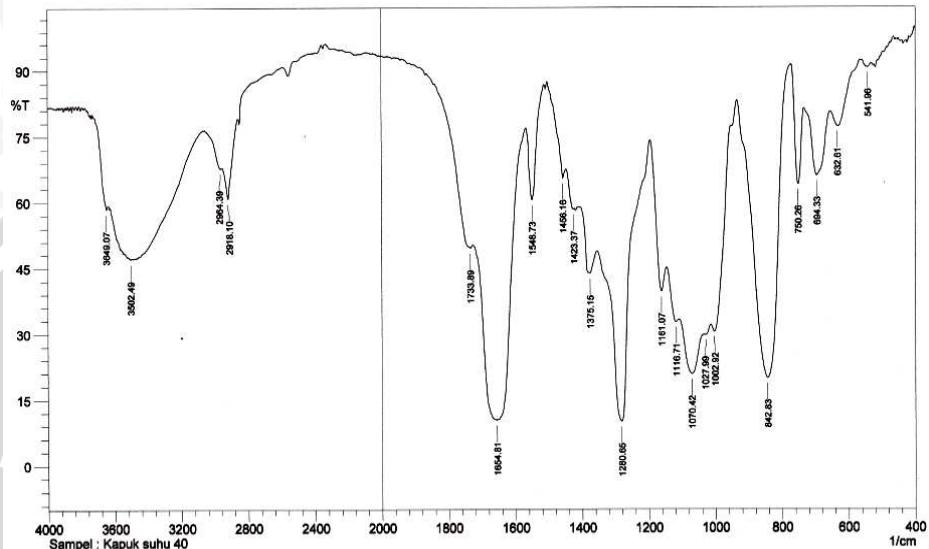
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	636,47	71,812	3,69	651,89	621,04	4,086	0,32
2	680,83	61,531	5,174	688,54	651,89	6,047	0,319
3	750,26	61,492	18,223	771,47	729,04	6,384	2,17
4	842,83	20,18	60,133	931,55	771,47	54,106	38,55
5	1000,99	32,002	8,2105	1012,56	933,48	22,619	1,674
6	1027,99	31,808	0,877	1035,7	1014,49	10,382	0,152
7	1070,42	22,492	11,955	1107,06	1035,7	39,83	6,714
8	1116,71	36,311	3,788	1145,64	1107,06	15,088	0,827
9	1161,07	43,639	13,637	1193,85	1145,64	12,8	2,289
10	1213,14	68,04	1,13	1217	1193,85	3,5	0,095
11	1280,65	10	46,172	1332,72	1218,93	53,314	24,881
12	1375,15	45,905	1,814	1379,01	1365,51	4,388	0,12
13	1541,02	54,25	9,432	1546,8	1535,23	2,643	0,368
14	1647,1	10,372	2,312	1649,02	1581,52	32,92	1,249
15	2918,1	67,467	9,268	2950,89	2858,31	12,212	2,219
16	2974,03	72,718	1,022	3008,75	2968,24	5,046	0,134
17	3487,06	51,018	0,239	3490,92	3485,13	1,683	0,006

L.11.5 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapuk Temperatur 35°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base(H)	Base(L)	Area	Corr.Ar
1	547,75	90,486	2,226	561,25	532,32	1,09	0,136
2	634,54	78,199	0,845	638,39	594,03	3,822	0,156
3	692,4	65,246	14,797	730,97	653,82	10,781	3,323
4	750,26	63,823	21,444	771,47	730,97	5,152	2,367
5	840,91	19,39	67,128	931,55	773,4	53,646	43,07
6	948,91	74,68	1,383	952,77	933,48	2,202	0,104
7	1002,92	31,214	8,173	1012,56	952,77	20,292	2,524
8	1027,99	30,235	0,71	1033,77	1012,56	10,777	0,114
9	1068,49	21,415	11,097	1108,99	1035,7	42,433	6,771
10	1116,71	35,059	2,269	1145,64	1110,92	13,85	0,415
11	1161,07	42,329	13,35	1193,85	1145,64	13,454	2,351
12	1211,21	66,633	1,703	1217	1193,85	3,759	0,127
13	1280,65	10	46,111	1334,65	1218,93	53,896	24,874
14	1338,51	46,363	1,365	1357,79	1334,65	6,924	0,089
15	1375,15	49,747	6,587	1402,15	1365,51	9,097	0,88
16	1419,51	65,288	1,679	1421,44	1413,72	1,369	0,047
17	1458,08	67,376	8,078	1469,66	1450,37	2,636	0,341
18	1544,88	61,281	3,501	1546,8	1529,45	2,68	0,198
19	1647,1	10,463	2,388	1649,02	1583,45	29,268	1,011
20	1733,89	49,39	2,352	1737,74	1726,17	3,394	0,096
21	2918,1	70,138	10,17	2956,67	2856,38	11,338	2,422
22	2962,46	75,495	0,777	3028,03	2956,67	7,272	0,206
23	3537,2	62,068	0,471	3541,06	3533,35	1,583	0,01

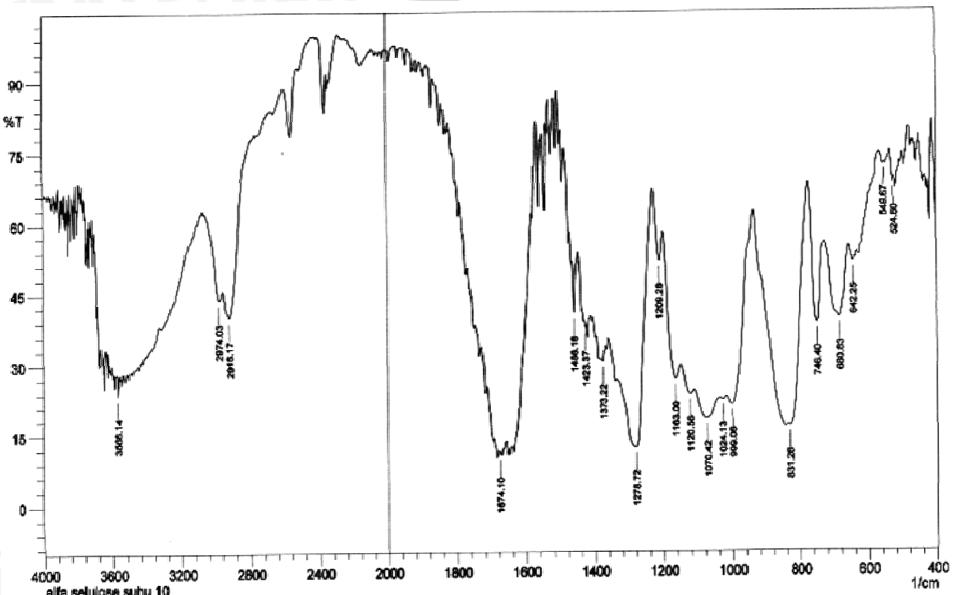
L.11.6 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari serat Kapuk Temperatur 40°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	541,96	90,51	1,089	565,1	532,32	1,302	0,08
2	632,61	77,12	6,109	653,82	565,1	6,961	1,196
3	694,33	65,9	14,909	732,9	653,82	10,671	3,348
4	750,26	63,932	21,778	771,47	732,9	4,817	2,303
5	842,83	19,779	67,715	931,55	771,47	52,646	42,955
6	1002,92	30,437	8,83	1012,56	952,77	20,556	2,915
7	1027,99	29,609	0,696	1033,77	1012,56	10,949	0,1
8	1070,42	20,733	10,693	1107,06	1033,77	43,644	6,704
9	1116,71	32,612	3,081	1145,64	1108,99	15,915	0,795
10	1161,07	39,569	14,752	1193,85	1145,64	14,218	2,72
11	1280,65	10	50,193	1352,01	1195,78	66,615	32,1
12	1375,15	43,623	1,351	1380,94	1353,94	9,155	0,123
13	1423,37	58,324	0,83	1446,51	1421,44	5,241	0,172
14	1456,16	65,357	5,375	1504,37	1446,51	6,838	0,177
15	1548,73	60,38	10,801	1568,02	1514,02	7,512	2,725
16	1654,81	10,256	0,159	1656,74	1649,02	7,584	0,017
17	1733,89	49,433	3,238	1839,96	1726,17	19,562	-0,949
18	2918,1	60,781	11,078	2950,89	2860,24	14,93	2,648
19	2964,39	67,672	1,199	3058,89	2950,89	15,242	-0,179
20	3502,49	47,088	0,263	3521,78	3496,7	8,153	0,019
21	3649,07	58,423	2,931	3708,86	3641,35	11,812	0,517

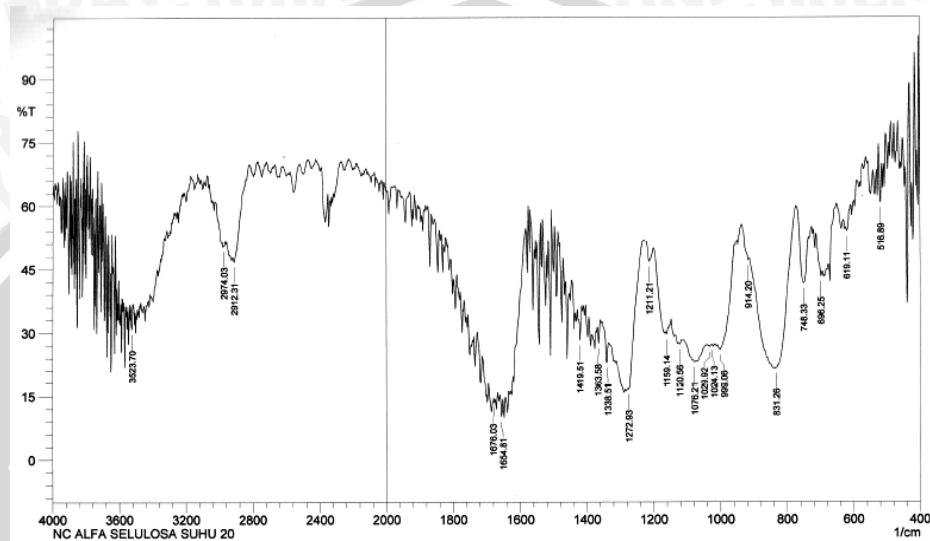
L.12. Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa

L.12.1 Spektrum Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 10°C



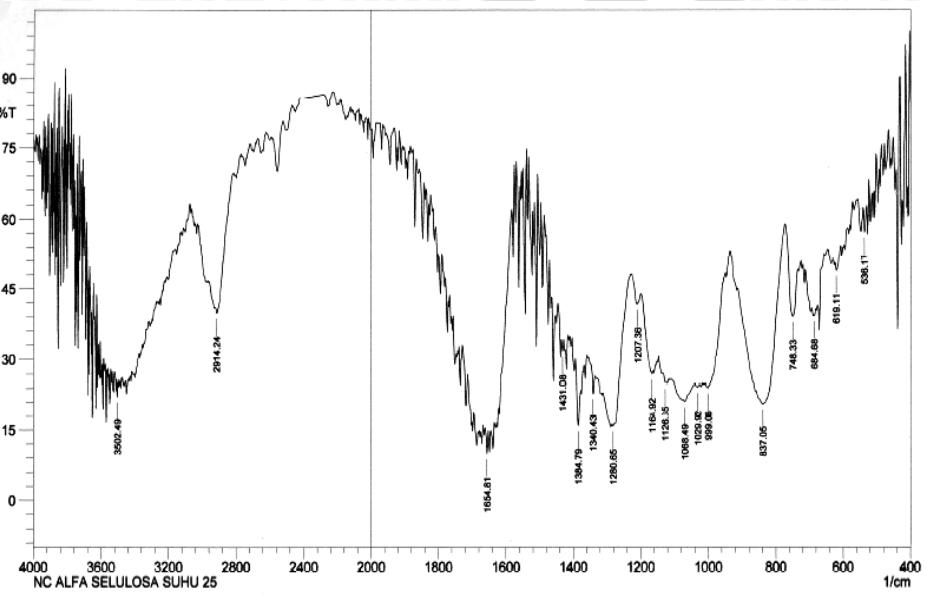
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	524,6	68,181	2,018	534,25	522,67	1,694	0,045
2	549,67	72,165	0,085	551,6	547,75	0,546	0,001
3	642,25	51,349	2,586	653,82	630,68	6,47	0,284
4	680,83	39,57	15,274	723,26	655,75	23,233	5,674
5	746,4	38,425	23,162	723,47	723,26	14,59	4,415
6	831,26	16,482	3,355	835,12	771,47	30,565	2,185
7	999,06	21,073	9,196	1014,49	933,48	38,259	3,88
8	1024,13	22,168	0,392	1033,77	1014,49	12,536	0,064
9	1070,42	18,111	5,197	1107,06	1033,77	50,94	4,526
10	1120,56	23,423	2,471	1145,64	1108,99	22,071	0,99
11	1163	26,662	11,828	1195,78	1147,57	23,054	4,217
12	1209,28	51,665	9,895	1226,64	1197,71	7,071	1,126
13	1278,72	12,094	35,226	1332,72	1228,57	64,467	25,675
14	1373,22	30,451	1,347	1377,08	1365,51	5,774	0,083
15	1423,37	37,506	0,002	1427,23	1421,44	2,411	0,019
16	1456,16	40,719	11,561	1461,94	1444,58	5,512	0,669
17	1674,1	10,783	0,487	1676,03	1672,17	3,694	0,037
18	2916,17	40,098	12,934	2954,74	2785,02	42,732	6,399
19	2974,03	43,758	4,676	3060,82	2956,67	29,466	1,336
20	3566,14	28,836	4,395	3571,92	3556,49	8,863	0,385

L.12.2 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 20°C



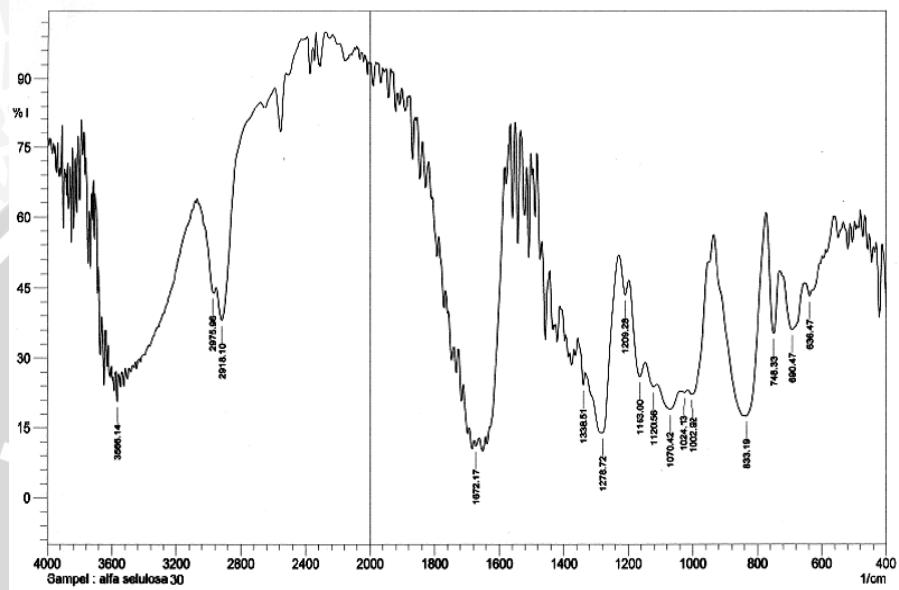
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	516,69	60,697	11,01	522,67	513,03	1,744	0,376
2	619,11	53,925	2,12	622,96	605,61	4,308	0,127
3	696,25	43,268	2,988	711,68	692,4	6,285	0,262
4	748,33	41,597	14,008	769,54	732,9	11,566	2,355
5	831,26	21,65	1,262	833,19	771,47	27,797	1,372
6	914,2	47,053	1,81	933,48	910,34	6,879	0,188
7	999,06	25,969	4,328	10006,77	946,98	27,386	1,899
8	1024,13	27,069	0,105	1026,06	1022,2	2,186	0,003
9	1029,92	26,664	0,326	1031,85	1026,06	3,301	0,014
10	1076,21	23,055	0,813	1107,06	1072,35	20,897	0,385
11	11120,56	27,283	0,593	1124,42	1114,78	5,392	0,053
12	1159,14	29,607	7,914	1197,71	1145,64	23,764	3,283
13	1211,21	46,794	4,066	12226,64	1197,71	8,888	0,406
14	1272,93	16,631	1,529	1274,86	1228,57	21,586	0,113
15	1338,51	22,888	5,801	1352,01	1334,65	9,595	0,513
16	1363,58	27,538	4,453	1367,44	1357,79	4,992	0,241
17	1419,51	28,232	6,206	1423,37	1413,72	4,735	0,306
18	1654,81	10,18	4,575	1660,6	1650,95	8,601	0,611
19	1676,03	13,461	0,987	1677,95	1674,1	3,3	0,059
20	2912,31	46,844	3,28	2921,96	2842,88	20,182	0,811
21	2974,03	50,525	0,213	2975,96	2964,39	3,39	0,013
22	3523,7	30,896	2,637	3521,63	3519,85	2,753	0,062

L.12.3 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 25°C



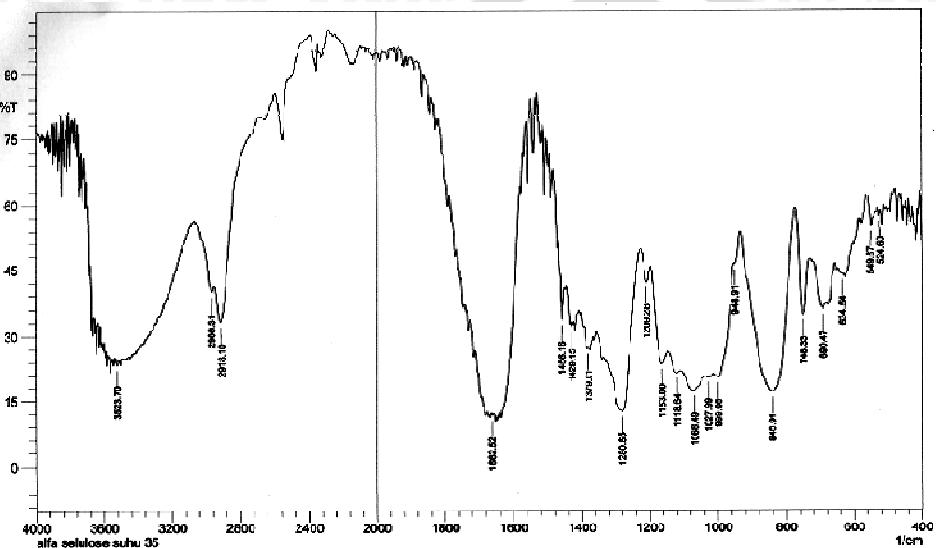
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	536,17	57,261	5,329	540,03	528,46	2,562	0,212
2	619,11	48,911	2,514	622,96	605,61	5,09	0,224
3	684,68	39,265	0,627	686,61	680,83	2,328	0,031
4	748,33	39,083	14,195	769,54	732,9	12,45	2,593
5	837,05	20,691	10,809	856,34	771,47	43,719	7,665
6	999,06	24,152	3,951	1006,77	948,91	28,792	2,56
7	1029,92	24,223	0,31	1031,85	1026,06	3,539	0,014
8	1068,49	21,143	0,852	1072,35	1039,56	20,958	0,197
9	1126,35	25,141	0,554	1134,07	1124,42	5,621	0,016
10	1164,92	26,93	6,789	1197,71	1151,42	23,019	2,336
11	1207,36	41,75	0,509	1209,28	1197,71	4,282	0,03
12	1280,65	15,857	2,58	1284,5	1228,57	29,906	1,051
13	1340,43	22,97	4,771	1352,01	1334,65	9,925	0,414
14	1384,79	15,924	11,009	1392,51	1377,08	10,449	1,611
15	1431,08	31,715	2,48	1434,94	1427,23	3,72	0,125
16	1654,81	10,000	5,058	1660,6	1650,95	8,595	0,681
17	2914,24	39,842	3,267	2921,96	2921,96	29,238	1,291
18	3502,49	22,274	3,114	3508,27	3508,27	5,964	0,232

L.12.4 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 30°C



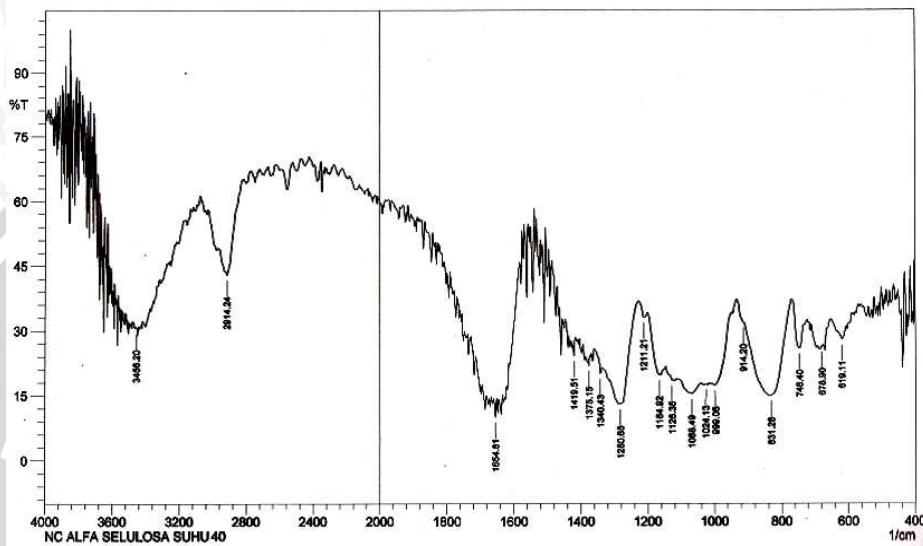
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base(H)	Base(L)	Area	Corr.Are
1	636,47	43,198	1,87	651,89	628,75	8,105	0,147
2	690,47	36,034	4,807	727,11	675,04	20,584	1,329
3	748,33	35,266	18,905	771,47	729,04	14,953	3,728
4	833,19	17,532	3,826	838,98	771,47	34,664	2,972
5	1002,92	22,212	5,121	1012,56	950,84	32,512	4,066
6	1024,13	22,591	0,4	1033,77	1014,49	12,389	0,075
7	1070,42	19,022	4,549	1108,99	1035,7	49,704	3,716
8	1120,56	23,759	1,874	1145,64	1110,92	20,716	0,664
9	1163	26,026	8,592	1195,78	1147,57	24,318	3,162
10	1209,28	43,498	5,108	1228,57	1197,71	10,142	0,632
11	1278,72	13,909	2,772	1282,57	1228,57	28,661	0,852
12	1338,51	24,183	4,582	1355,86	1332,72	12,437	0,465
13	1672,17	11,067	1,356	1676,03	1660,6	14,259	0,353
14	2918,1	38,142	12,283	2954,74	2680,87	52,179	5,351
15	2975,96	44,063	0,413	3062,75	2974,03	23,269	1,458
16	3566,14	20,665	6,222	3573,85	3558,42	9,664	0,861

L.12.5 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 35°C



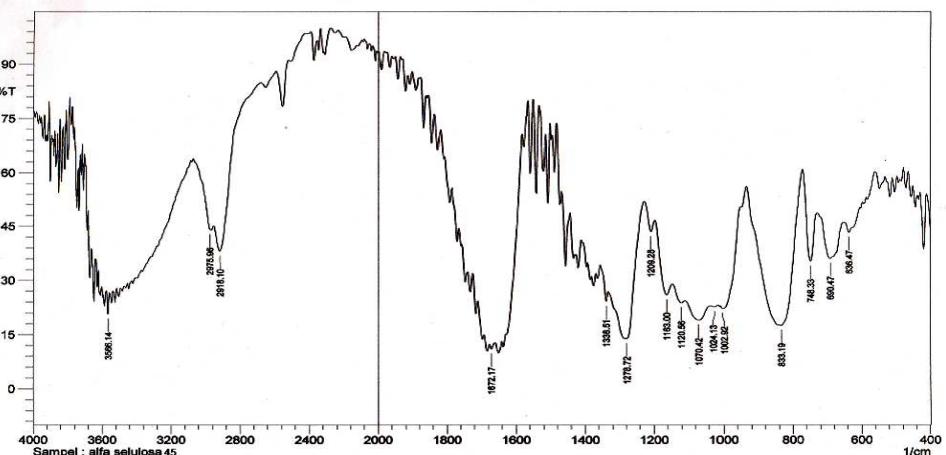
No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	524,6	57,235	1,634	528,46	522,67	1,373	0,045
2	549,67	54,95	3,921	559,32	543,89	3,665	0,178
3	634,54	43,674	0,178	638,39	632,61	2,074	0,004
4	690,47	36,003	0,669	694,33	678,9	6,727	0,036
5	748,33	34,751	18,212	771,47	727,11	15,953	3,68
6	840,91	16,819	39,989	931,55	771,47	85,853	46,038
7	948,91	46,109	0,926	950,84	933,48	5,389	0,141
8	999,06	20,198	6,544	1012,56	952,77	34,145	4,229
9	1027,99	20,356	0,479	1033,77	1014,49	13,222	0,123
10	1068,49	17,164	0,239	1070,42	1035,7	25,146	0,142
11	1118,64	21,372	1,493	1145,64	1110,92	22,241	0,65
12	1163	23,576	8,932	1195,78	1147,57	25,846	3,44
13	1209,28	41,972	5,513	1224,71	1195,78	10,088	0,755
14	1280,65	12,574	24,577	1334,65	1224,71	70,414	20,69
15	1379,01	27,117	0,1	1380,94	1377,08	2,183	0,003
16	1429,15	31,973	1,117	1433,01	1425,03	3,757	0,052
17	1456,16	33,681	10,811	1467,73	1450,37	6,619	0,774
18	1662,52	11,589	0,603	1664,45	1655,74	7,142	0,007
19	2918,1	33,282	14,7	2954,74	2786,95	51,16	8,274
20	2966,31	39,946	2,651	3026,1	2956,67	24,301	0,991
21	3523,7	23,452	1,394	3531,42	3517,92	8,356	0,195

L.12.6 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 40°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	619,11	27,923	1,396	622,96	605,61	9,316	0,222
2	678,9	26,32	0,22	680,83	675,04	3,341	0,013
3	746,4	25,928	7,695	769,54	732,9	19,21	2,168
4	831,26	14,917	0,725	833,19	769,54	40,511	1,418
5	914,2	31,877	0,505	933,48	912,27	9,906	0,095
6	999,06	17,321	2,63	1006,77	946,98	38,227	1,957
7	1024,13	17,559	0,067	1026,06	1022,2	2,911	0,003
8	1068,49	15,351	0,538	1072,35	1043,42	22,777	0,292
9	1126,35	18,568	0,39	1145,64	1124,42	14,924	0,181
10	1164,92	19,79	5,132	1197,71	1151,42	29,091	2,465
11	1211,21	33,11	0,429	1226,64	1209,28	7,867	-0,057
12	1280,65	12,989	1,827	1284,5	1226,64	36,978	1,044
13	1340,43	20,133	2,416	1359,72	1334,65	15,828	0,118
14	1375,15	21,994	2,35	1384,79	1371,29	8,581	0,282
15	1419,51	24,255	3,446	1423,37	1415,65	4,474	0,171
16	1654,81	10,000	4,359	1660,6	1650,95	8,702	0,57
17	2914,24	42,989	2,619	2921,96	2840,95	23,6	0,933
18	3456,2	30,673	0,246	3460,06	3452,34	3,948	0,015

L.12.7 Spektrum FTIR Nitroselulosa dari Alfaselulosa Temperatur 45°C



No	Peak	Intensity	Corr.Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr.Are
1	435,88	23,524	0,914	464,81	432,03	19,598	0,255
2	526,53	27,451	0,706	528,46	518,82	5,253	0,046
3	621,04	22,056	4,616	653,82	559,32	56,149	2,924
4	676,97	21,219	0,97	684,68	653,82	19,97	0,356
5	694,33	21,212	1,434	719,4	686,61	20,875	0,5
6	748,33	20,506	9,171	769,54	729,04	24,723	3,279
7	827,41	12,522	3,557	837,05	771,47	46,904	2,718
8	846,49	12,677	2,121	933,48	838,98	67,732	2,968
9	1000,99	15,369	3,556	1014,49	935,41	53,253	3,235
10	1024,13	15,772	0,332	1037,68	1014,49	18,451	0,098
11	1068,49	13,855	2,638	1107,06	1037,63	57,305	3,014
12	1120,56	16,355	1,018	1145,64	1108,99	28,213	0,546
13	1163	17,188	4,993	1197,71	1147,57	34,442	2,956
14	1278,72	11,14	17,417	1328,86	1228,57	74,868	18,185
15	1380,94	21,144	2,827	1406,01	1359,72	29,793	1,098
16	1417,58	24,359	3,534	1444,58	1407,94	20,868	1,488
17	1456,16	29,265	11,631	1506,3	1446,51	21,828	3,502
18	1639,38	11,546	11,779	1654,81	1566,09	57,992	13,162
19	1681,81	10,543	13,719	1859,25	1656,74	95,811	11,83
20	2146,62	84,133	9,839	2291,28	2081,05	8,024	3,814
21	2364,57	94,1	3,8	2391,57	2345,28	0,785	0,404
22	2555,51	63,403	17,793	2594,08	2515	10,44	3,296
23	2657,73	69,629	2,85	2680,87	2594,08	11,968	0,784
24	2920,03	25,429	10,115	2952,81	2682,8	85,414	6,177
25	2968,24	30,034	2,616	3085,89	2954,74	53,093	1,023
26	3307,69	27,305	2,686	3323,12	3087,82	102,409	3,802
27	3423,41	20,652	0,532	3429,2	3325,05	66,606	2,866
28	3583,49	20,759	1,017	3637,5	3577,71	38,187	1,044
29	3662,57	27,135	0,244	3666,43	3660,64	3,259	0,007

L.13 Pengolahan Data Hasil Penelitian

L.13.1 Penentuan kadar alfaselulosa dalam serat kapas

$$\begin{aligned}\% \text{ (b/b) alfaselulosa} &= (W_2/W_1) \times 100 \% \\ &= (1,98 \text{ g} / 2 \text{ g}) \times 100\% \\ &= 99,00\%\end{aligned}$$

L.13.2 Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas

1. Berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1.025 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

Tabel L.13.1 Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas berdasarkan gugus alkohol primer

Sampel NC Pada T ($^{\circ}\text{C}$)	Bil. gel (cm^{-1})	Transmitansi	Absorbansi	R _{U1}	% Mol N
Kapas	1.031,85	0,10931	0,961340106	1	0
10	1.027,99	0,23751	0,62431810	0,649424794	35,06
20	1.027,99	0,23970	0,620331966	0,645278359	35,47
25	1.026,06	0,44851	0,348227869	0,362231709	63,78
30	1.026,06	0,24560	0,609771638	0,634293351	36,57
35	1.027,99	0,23586	0,627345706	0,652574154	34,74
40	1.024,13	0,20153	0,695660295	0,723635986	27,64
45	1.026,06	0,20266	0,693231962	0,721109998	27,89

Absorbansi = - Log transmitansi

R_{U1} = absorbansi NC/ absorbansi serat kapas

Persentase N (%) = $(1 - R_{U1}) \times 100\%$

2. Berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1.100 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

Tabel L.13.2 Percentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas berdasarkan gugus alkohol sekunder

Sampel NC Pada T (25°C)	Bil. Gel (cm ⁻¹)	Transmitansi	Absorbansi	R _{U1}	% Mol N
Kapas	1.112,85	0,12350	0,908333042	1	0
10	1.122,49	0,25051	0,601174933	0,661844175	33,82
20	1.120,56	0,26176	0,582096718	0,640840629	35,92
25	1.126,35	0,45027	0,346526988	0,381497723	61,85
30	1.116,71	0,27429	0,561790026	0,61848463	38,15
35	1.120,56	0,24182	0,616507783	0,678724382	32,13
40	1.120,56	0,22706	0,643859366	0,708836227	29,12
45	1.120,56	0,20284	0,692846398	0,762766921	23,72

Absorbansi = - Log transmitansi

R_{U1} = absorbansi NC/ absorbansi serat kapas

Persentase N (%) = (1- R_{U1}) x 100%

3. Penentuan persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi dalam nitroselulosa dari serat kapas

Tabel L.13.3 Persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapas

Sampel NC Pada T (°C)	% Mol Nitrogen (I)	% Mol Nitrogen (II)	% Mol Nitrogen Total	Derajat Substitusi
10	35,06	33,82	34,23	1,03
20	35,47	35,92	35,77	1,07
25	63,78	61,85	62,49	1,87
30	36,57	38,15	37,62	1,13
35	34,74	32,13	33,00	0,99
40	27,64	29,12	28,63	0,86
45	27,89	23,72	25,11	0,75

% Mol Nitrogen (I) = Persentase nitrogen pada gugus alkohol primer

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Mol Nitrogen (II)} &= \text{Persentase nitrogen pada gugus alkohol sekunder} \\
 \% \text{ Mol Nitrogen Total} &= (1/3) \times \% \text{ Mol Nitrogen (I)} + \\
 &\quad (2/3) \times \% \text{ Mol Nitrogen (II)} \\
 \text{Derajat Subtitusi (DS)} &= (\% \text{ Mol N total}/100) \times 3
 \end{aligned}$$

L.13.3 Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk

- Berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1.025 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

Tabel L.13.4 Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk berdasarkan gugus alkohol primer

Sampel NC Pada T ($^{\circ}\text{C}$)	Bil. Gel (cm^{-1})	Transmitansi	Absorbansi	R _{U1}	% Mol N
Kapuk	1.027,99	0,10543	0,977035793	0	0
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-
30	1.027,99	0,31808	0,497463637	0,50915600	49,08
35	1.027,99	0,30235	0,519490027	0,53170010	46,83
40	1.027,99	0,29609	0,528576260	0,54099989	45,90

$$\text{Absorbansi} = -\text{Log transmitansi}$$

$$R_{U1} = \text{absorbansi NC} / \text{absorbansi serat kapuk}$$

$$\text{Percentase N (\%)} = (1 - R_{U1}) \times 100\%$$

- Berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1.100 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

Tabel L.13.5 Percentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk berdasarkan gugus alkohol sekunder

Sampel NC Pada T (°C)	Bil.Gel (cm ⁻¹)	Transmitansi	Absorbansi	Rv1	% Mol N
Kapuk	1.110,92	0,17159	0,765508026	0	0
10	1.114,78	0,29251	0,533859282	0,697392142	30,26
20	1.116,71	0,30563	0,514804019	0,672499832	32,75
25	1.114,78	0,42440	0,372224625	0,486245228	51,38
30	1.116,71	0,36311	0,439961791	0,574731780	42,53
35	1.116,71	0,35059	0,455200476	0,594638410	40,54
40	1.116,71	0,32612	0,486622566	0,635685780	36,43

Absorbansi = - Log transmitansi

R_{U1} = absorbansi NC/ absorbansi serat kapuk

Percentase N (%) = $(1 - R_{U1}) \times 100\%$

3. Penentuan persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi dalam nitroselulosa dari serat kapuk

Tabel L.13.6 Persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi nitroselulosa hasil sintesis dari serat kapuk

Sampel NC Pada T	% Mol Nitrogen (I)	% Mol Nitrogen (II)	% Mol Nitrogen Total	Derajat Substitusi
10	-	30,26	20,17	0,61
20	-	32,75	21,83	0,66
25	-	51,38	34,25	1,03
30	49,08	42,53	44,71	1,34
35	46,83	40,54	42,64	1,28
40	45,90	36,43	39,59	1,19

% Mol Nitrogen (I) = Persentase nitrogen pada gugus alkohol primer

% Mol Nitrogen (II) = Persentase nitrogen pada gugus alkohol sekunder

$$\begin{aligned}\% \text{ Mol Nitrogen Total} &= (1/3) \times \% \text{ Mol Nitrogen (I)} + \\ &\quad (2/3) \times \% \text{ Mol Nitrogen (II)} \\ \text{Derajat Subtitusi (DS)} &= (\% \text{ Mol N total}/100) \times 3\end{aligned}$$

L.13.4 Penentuan persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari alafaselulosa serat kapuk

1. Berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1.025 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

Tabel L.13.7 Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari alafaselulosa serat kapuk berdasarkan gugus alkohol primer

Sampel NC pada T ($^{\circ}\text{C}$)	Bil. Gel (cm^{-1})	Transmitansi	Absorbansi	Rv1	% Mol N
Alfaselulosa	1.035,70	0,10726	0,969562207	0	0
10	1.024,13	0,22168	0,654273487	0,67481331	32,52
20	1.024,13	0,27069	0,567527788	0,58534438	41,47
25	1.029,92	0,24223	0,615772071	0,63510321	36,49
30	1.024,13	0,22591	0,646064544	0,66634667	33,37
35	1.027,99	0,20356	0,691307558	0,71301001	28,70
40	1.024,13	0,17559	0,755500221	0,77921789	22,08
45	1.024,13	0,15772	0,802113232	0,82729424	17,27

$$\text{Absorbansi} = -\text{Log transmitansi}$$

$$R_{U1} = \text{absorbansi NC} / \text{absorbansi alfaselulosa}$$

$$\text{Persentase N (\%)} = (1 - R_{U1}) \times 100\%$$

2. Berdasarkan bilangan gelombang sekitar 1.100 cm^{-1} (ikatan C-O pada alkohol primer)

Tabel L.13.8 Persentase mol nitrogen dalam nitroselulosa hasil sintesis dari alafselulosa serat kapuk berdasarkan gugus alkohol sekunder

Sampel NC pada T (°C)	Bil. Gel (cm ⁻¹)	Transmitansi	Absorbansi	R _{U1}	% Mol N
Alfaselulosa	1.112,85	0,13689	0,863628277	0	0
10	1.120,56	0,23423	0,630357482	0,72989445	27,01
20	1.120,56	0,27283	0,564107877	0,65318366	34,68
25	1.126,35	0,25141	0,599617452	0,69430039	30,57
30	1.120,56	0,23759	0,624171842	0,72273206	27,73
35	1.118,64	0,21372	0,670154834	0,77597602	22,40
40	1.126,35	0,18568	0,731234873	0,84670094	15,33
45	1.120,56	0,16355	0,786349452	0,91051842	8,95

Absorbansi = - Log transmitansi

R_{U1} = absorbansi NC/ absorbansi alfaselulosa

Persentase N (%) = (1- R_{U1}) x 100%

3. Penentuan persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi dalam nitroselulosa dari alfaselulosa serat kapuk

Tabel L.13.9 Persentase mol nitrogen total dan derajat substitusi nitroselulosa hasil sintesis dari alfaselulosa serat kapuk

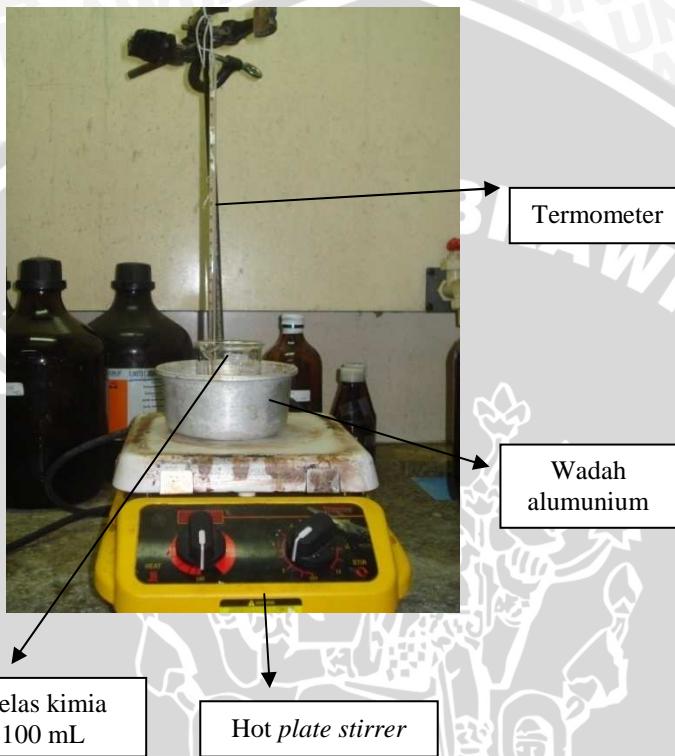
Sampel NC pada T (°C)	% Mol Nitrogen (I)	% Mol Nitrogen (II)	% Mol Nitrogen Total	Derajat substitusi
10	32,52	27,01	28,85	0,87
20	41,47	34,68	36,94	1,11
25	36,49	30,57	32,54	0,98
30	33,37	27,73	29,61	0,89
35	28,70	22,4	24,50	0,74
40	22,08	15,33	17,58	0,53
45	17,27	8,95	11,72	0,35

- % Mol Nitrogen (I) = Persentase nitrogen pada gugus alkohol primer
- % Mol Nitrogen (II) = Persentase nitrogen pada gugus alkohol sekunder
- % Mol Nitrogen Total = $(1/3) \times \% \text{ Mol Nitrogen (I)} + (2/3) \times \% \text{ Mol Nitrogen (II)}$
- Derajat Subtitusi (DS) = $(\% \text{ Mol N total}/100) \times 3$



L.14 Foto Penelitian

L.14.1 Rangkaian alat nitrasi



L.14.2 Campuran reaksi nitrasi



L.14.3 Sampel selulosa sebelum dan setelah nitrasi



Serat kapas sebelum nitrasi



Serat kapas setelah nitrasi



Serat kapuk sebelum nitrasi



Serat kapuk setelah nitrasi

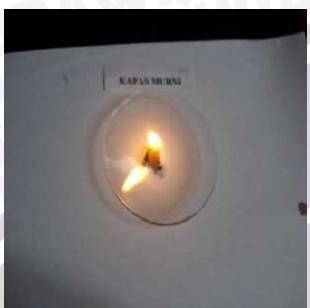


Serat α -selulosa sebelum nitrasi



Serat α -selulosa setelah nitrasi

L.14.4 Uji pembakaran



Serat kapas



Nitroselulosa dari serat kapas



Serat kapuk



Nitroselulosa dari serat kapuk



Serat α -selulosa



Nitroselulosa dari serat α -selulosa