

DELIGNIFIKASI LIGNOSELULOSA DAUN NANAS (*Ananas comosus* (L) Merr) UNTUK PRODUKSI ALFA SELULOSA

Triyani Sumiati*¹, Sitaresmi Yuningtyas², Lely Elfrida BR Haloho³

¹²³Program studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Teknologi Industri dan Farmasi Bogor
Korespondensi: triyanisumiati@gmail.com

ABSTRAK

Daun nanas merupakan bahan berlignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber alfa selulosa karena mempunyai kandungan alfa selulosa yang cukup tinggi. Selulosa merupakan excipien farmasi yang banyak digunakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk produksi alfa selulosa menggunakan metode delignifikasi secara kimia menggunakan pelarut natrium hidroksida. Metode delignifikasi dimaksudkan untuk memisahkan lignin dari bahan berlignoselulosa. Optimasi proses delignifikasi menggunakan variasi konsentrasi natrium hidroksida dengan konsentrasi 8% memberikan hasil kadar alfa selulosa yang paling optimal sebesar 66% dan terjadi pengurangan kadar lignin menjadi 1%. Alfa selulosa serbuk daun nanas yang dihasilkan, dikarakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan spektrum yang mirip dengan selulosa komersial.

Kata kunci: daun nanas, delignifikasi, natrium hidroksida, alfa selulosa

ABSTRACT

Pineapple leaves are a lignocellulosic material that can be used as a source of alpha cellulose because it has a fairly high alpha cellulose content. Cellulose is a widely used pharmaceutical excipient. The aim of this research is to produce alpha cellulose using a chemical delignification method using sodium hydroxide solvent. The delignification method is intended to separate lignin from lignocellulosic materials. Optimization of the delignification process using varying concentrations of sodium hydroxide with a concentration of 8% gave the most optimal alpha cellulose content of 66% and a reduction in lignin content to 1%. The resulting pineapple leaf powder alpha cellulose was characterized using FTIR showing a spectrum similar to commercial cellulose.

Keywords: pineapple leaves, delignification, sodium hydroxide, alpha cellulose

PENDAHULUAN

Bahan excipien pada pembuatan obat dan kosmetika perlu ditambahkan pada formulasinya agar didapatkan formula yang sesuai dengan fungsi dan tujuan. Berbagai excipien yang digunakan dalam sediaan farmasi diantaranya laktosa sebagai pengisi; etil selulosa, gelatin, metil selulosa sebagai pengikat; natrium alginat, pati jagung sebagai penghancur; kalsium stearat, magnesium stearat, asam stearat sebagai pelicin; talkum, pati jagung, silika koloid

sebagai pelincir; propilen glikol, gliserin sebagai pembasah; tartrazine, erythrosin sebagai zat warna dan laktosa, sukrosa, sakarin, aspartam sebagai peningkat rasa.

Salah satu cara yang dapat dipakai untuk produksi bahan baku excipien farmasi adalah dengan cara memanfaatkan limbah. Salah satu limbah yang dapat digunakan adalah limbah dari daun nanas. Daun nanas merupakan bahan berlignoselulosa yang memiliki kandungan selulosa tinggi sekitar 69,5% - 71,5% (Hidayat,

2008). Selulosa di alam selalu berikatan dengan lignin dan hemiselulosa, sehingga akan menyulitkan pada proses isolasinya (Hisyam, 2012). Selulosa diisolasi dengan menggunakan metode delignifikasi . menggunakan cara kimia, fisika dan biologi (Permatasari *et al.*, 2014). Delignifikasi merupakan suatu cara untuk menghilangkan lignin dan meningkatkan kadar alfa selulosa yang diisolasi. Salah satu metode penghilangan lignin secara kimia menggunakan natrium hidroksida (Kurniaty *et al.*, 2017).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Permatasari melaporkan bahwa penggunaan NaOH pada konsentrasi 6% dengan menggunakan pemanasan pada suhu 121°C pemanasan selama 30 menit memberikan hasil terjadinya reduksi kadar lignin optimum sebesar 9,53% dan delignifikasi secara kimia dilakukan juga menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 0,5% menggunakan suhu 121°C selama 30 menit terjadi reduksi kadar lignin optimum sebesar 2,5% (Permatasari *et al* 2014). Penelitian lain proses delignifikasi pada tempurung kelapa, dengan menggunakan NaOH konsentrasi 9% memberikan hasil terjadinya peningkatan kadar selulosa menjadi 81% dan terjadi penurunan kadar lignin sebesar 8% (Kurniaty *et al.*, 2017). Delignifikasi jerami padi juga telah dilaporkan menggunakan NaOH konsentrasi 7 % dan memberikan kadar selulosa sebesar 33,63% sedangkan kadar lignin yang diperoleh sebesar 2,42% (Umaningrum *et al.*, 2018).

Berdasarkan hal tersebut di atas, daun nanas dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi menjadi sumber potensial sebagai sumber alfa selulosa dan perlu dilakukan optimasi proses delignifikasi dengan variasi konsentrasi natrium hidroksida agar agar dihasilkan alfa selulosa dengan kemurnian yang tinggi

METODE PENELITIAN

Bahan: Daun nanas (*Ananas comosus (L) Merr*) yang diperoleh dari BALITRO (Balai Penelitian Tanaman dan Obat), Aquadest, natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat (H₂SO₄), Natrium hipoklorit (NaOCl), natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃), kalium bromida (KBr), aquadest, etanol 90%, HNO₃, asam asetat (CH₃COOH).

Alat : Neraca analitik (Ohaus), ayakan nomor 60, peralatan gelas, oven, kertas saring, spatula, waterbath, autoklaf, batang pengaduk, pH indikator, stopwatch, termometer larutan, botol coklat, aluminium foil, Spektroskopi FTIR (UV mimi 1240, Jepang).

Metode:

Preparasi Simplisia (Hidayat,2008)

Daun yang digunakan berusia sekitar 1 tahun. Selanjutnya dilakukan sortasi basah dan daun dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari. sortasi kering Daun yang sudah kering disortasi kembali dan selanjutnya simplisia dihaluskan dengan menggunakan alat penggiling dan diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh sehingga diperoleh serbuk simplisia.

Penentuan Kadar Air (FI edisi VI, 2000)

Serbuk simplisia daun nanas ditimbang sebanyak 2 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan penguap. Sampel dipanaskan dalam oven suhu 100°C selama 3 jam, kemudian didinginkan dalam desikator. Setelah itu ditimbang hingga bobot konstan. Persentase kadar air dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{\text{Bobot awal (g)} - \text{Bobot akhir (g)}}{\text{Bobot awal (g)}} \times 100\%$$

Keterangan:

Bobot awal = Bobot awal simplisia sebelum proses pengeringan.

Bobot akhir = Bobot akhir simplisia setelah proses pengeringan

Kadar Zat Ekstraktif Etanol – Benzena (1:2) (TAPPI T 204 om-88)

Serbuk simplisia daun nanas sebanyak 150 g dan dimasukkan ke dalam botol coklat dan diekstraksi dengan larutan etanol : benzene (1:2) sebanyak 300 mL selama 8 jam. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan dicuci dengan etanol Sampel dikeringkan hingga beratnya konstan menggunakan oven suhu 105°C.

Kandungan zat ekstraktif dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat serbuk kering awal (g) B = Berat serbuk kering oven (g)

Proses delignifikasi daun nanas (*Ananas Comosus (L) Merr*)

Delignifikasi Menggunakan NaOH (Permatasari *et al.*, 2014).

Serbuk simplisia daun nanas ditimbang sebanyak 10 g kemudian ditambahkan larutan NaOH dengan variasi 4, 6, dan 8% (b/v) sebanyak 100 ml. Dilakukan proses pemanasan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan penyaringan sampai filtrat yang dihasilkan menunjukkan pH netral. Endapan yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 10 jam dan dilanjutkan dengan proses proses *bleaching* (pemutihan).

***Bleaching* (Pemutihan) (Permatasari et al., 2014).**

Hasil delignifikasi dilakukan proses *bleaching* (pemutihan) dengan menggunakan perbandingan sampel dengan NaOCl 5% dengan perbandingan 7 : 21, direndam selama 12 – 20 menit. Kemudian dicuci dengan aquadest beberapa kali untuk menghilangkan residu pemutih. Sampel dioven pada suhu 50°C selama 24 jam. Setiap tahapan optimasi dihitung selulosa, lignin, hemiselulosa dan holoselulosanya. Sampel yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FTIR.

Analisis Kandungan Kimia Daun Nanas Sebelum Delignifikasi Penentuan Kadar Holoselulosa (TAPPI T 9 m-54)

Analisis kadar selulosa menggunakan metode TAPPI T 9 m-54. Ditimbang sebanyak 2 g serbuk simplisia daun nanas bebas ekstraktif dan dicampur dengan 150 mL aquadest,. Selanjutnya ditambahkan natrium hipoklorit sebanyak 1 g dan asam asetat sebanyak 0,2 mL. Campuran larutan hingga homogen lalu dipanaskan di penangas air selama 5 jam. Setiap selang waktu 1 jam dilakukan penambahan pemanasan natrium hipoklorit sebanyak 1 g dan asam asetat sebanyak 0,2 mL. dan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan dan pencucian menggunakan aquadest sebanyak 30 mL sebanyak 4 kali pengulangan. Endapan yang diperoleh selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C hingga beratnya konstan. Kadar holoselulosa dihitung dengan persamaan :

$$\text{Holoselulosa (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat Holoselulosa (g)

B = BKN (Berat Kering daun Nanas) bebas ekstraktif (g)

Penentuan Kadar Selulosa (TAPPI 17 m-55)

Serbuk simplisia daun nanas bebas ekstraktif ditimbang sebanyak 2,5 g dan dicampurkan dengan aquadest sebanyak 400 ml. Kemudian campuran tersebut dipanaskan di atas penangas air selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan endapan hasil penyaringan ditambahkan asam nitrat 3,5% sebanyak 125 mL. Campuran diinkubasi dalam penangas air selama 12 jam kemudian disaring. Endapan yang diperoleh ditambahkan larutan campuran NaOH : Na₂SO₃ (20 g : 20 g dalam 1 liter larutan) sebanyak 125 mL, dan direaksikan pada suhu 50°C selama 2 jam. Selanjutnya campuran disaring menggunakan kertas whatman dan dicuci dengan aquadest sampai bebas asam. Endapan dikeringkan menggunakan oven suhu 105°C hingga beratnya konstan dan ditimbang. Kadar selulosa dihitung dengan persamaan :

$$\text{Selulosa (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat selulosa (g)

B = BKN (Berat Kering daun Nanas) bebas ekstraktif (g)

Penentuan Kadar Lignin (TAPPI T 13 os-54)

Serbuk simplisia daun nanas ekstraktif ditimbang sebanyak 1 g dan ditambahkan H₂SO₄ 72% sebanyak 15 mL. Campuran di aduk hingga homogen dan diinkubasi pada penangas air suhu 20°C, lalu diaduk setiap 15 menit selama 2 jam. Kemudian ditambahkan aquadest sampai 575 mL dan dipanaskan dalam penangas air suhu 60°C selama 4 jam. Campuran selanjutnya disaring dan dicuci menggunakan aquadest sampai bebas asam. Endapan dikeringkan pada suhu 105°C lalu ditimbang sampai bobot konstan.

Kadar lignin dihitung dengan persamaan :

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat lignin (g)

B = BKN ((Berat Kering daun Nanas)) bebas ekstraktif (g)

Analisis Kadar Hemiselulosa

Holoselulosa merupakan jumlah total selulosa dan hemiselulosa, sehingga kadar hemiselulosa merupakan pengurangan kadar holoselulosa dengan kadar selulosa. Kadar Hemiselulosa dihitung dengan persamaan:

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = A - B$$

Keterangan :

A = Holoselulosa (%) B = Selulosa (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air serbuk simplisia daun nanas

Serbuk simplisia bdaun nanas yang dihasilkan berwarna hijau kecoklatan Selanjutnya dilakukan penetapan kadar air pada serbuk daun nanas tersebut. Menurut Materia Medika Indonesia (1977), syarat umum kadar air yaitu $\leq 10\%$. Kadar air serbuk simplisia daun nanas sebesar 5,7%. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa serbuk simplisia daun nanas telah memenuhi syarat kadar air simplisia. Kadar air pada simplisia tidak lebih dari 10% (FI Ed.VI, 2000). Kadar air yang tinggi dapat merusak simplisia karena air merupakan media untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan jamur.

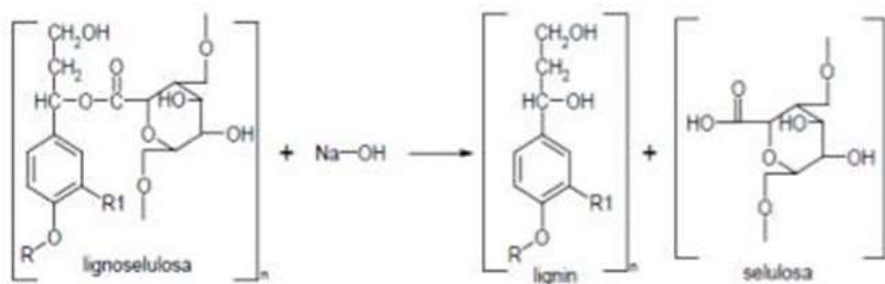
Kadar Zat Ekstraktif Etanol – Benzena

Kadar zat ekstraktif yang dihasilkan sebesar 0,210%. Tujuan dari penentuan kadar zat ekstraktif ini adalah untuk memisahkan komponen – komponen lain yang tidak diinginkan (zat – zat selain selulosa) supaya dapat mengisolasi selulosa pada tahap selanjutnya. Zat ekstraktif dapat mengganggu

proses isolasi selulosa, sehingga harus dihilangkan dari serbuk daun nanas. Zat ekstraktif dapat dipisahkan dengan pelarut yang memiliki kepolaran berbeda. Zat ekstraktif bersifat polar (misalnya tanin, flavonoid, stilbene dan tropolone) akan terlarut dalam pelarut polar dan zat ekstraktif nonpolar (misalnya lemak, lilin dan resin) akan terlarut dalam pelarut nonpolar (Sjostrom 1991).

Hasil Delignifikasi

Tujuan proses delignifikasi adalah untuk menghilangkan atau mereduksi lignin yang mengikat selulosa pada bahan berlignoselulosa seperti daun nanas. Setelah proses delignifikasi ini dilakukan maka akan terjadi pemecahan ikatan antara lignin dan selulosa sehingga alfa selulosa akan mudah diisolasi (Sumada, 2011). Keberhasilan proses delignifikasi dipengaruhi oleh beberapa hal seperti waktu, suhu dan ukuran sampel. Ukuran sampel mempengaruhi kontak dengan pelarut kimia pendelignifikasi (Sun & Cheng, 2002). Ukuran sampel yang lebih kecil dapat memberikan struktur rantai polimer yang lebih pendek sehingga memudahkan pemisahan lignin dari ikatan selulosa (Haradewi, 2007). Pada penelitian ini delignifikasi serbuk daun nanas dilakukan dengan metode kimiawi, menggunakan pelarut natrium hidroksida. Optimasi proses delignifikasi dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan NaOH konsentrasi 4, 6 dan 8%. Natrium hidroksida dapat menghilangkan lignin sekaligus mengekstraksi hemiselulosa. larutan NaOH juga berfungsi dalam merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa. Mekanisme pemutusan ikatan bahan berlignoselulosa menggunakan pelarut natrium hidroksida dapat dilihat pada Gambar 1.



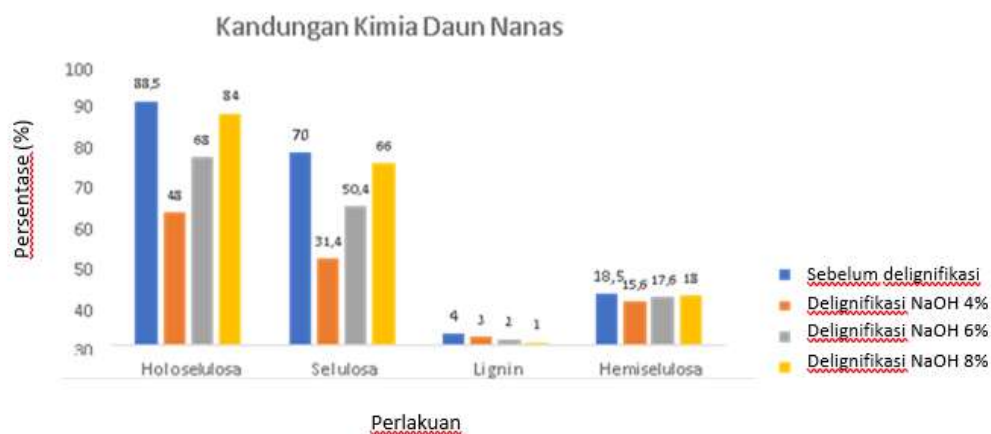
Gambar 1. Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH (Pranoto,2017).

Reaksi yang terjadi adalah adanya ion OH⁻ dari NaOH akan memutuskan ikatan dari struktur dasar lignoselulosa. Ion Na⁺ berfungsi mengikat lignin dan membentuk natrium fenolat. Garam fenolat yang dihasilkan ini bersifat mudah larut sehingga terpisahkan dengan alfa selulosa yang tidak larut pada penambahan natrium hidroksida. Warna hitam terbentuk pada filtrat yang dihasilkan yang merupakan lignin (Pranoto, 2017).

Kandungan kimia daun nanas sebelum dan sesudah delignifikasi (optimasi menggunakan

Proses *bleaching* (pemutihan) dilakukan untuk mendapatkan tingkat kecerahan warna yang tinggi dari alfa selulosa yang dihasilkan selain itu proses pemutihan ini berfungsi juga untuk melarutkan sisa lignin (Tutus, 2004).. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah NaOCl 5%. NaOCl bekerja melalui mekanisme pemutusan rantai lignin sehingga lignin dapat terpisah dari selulosa karena lignin terlarut saat pencucian. (Sumada *et al*, 2011).

natrium hidroksida) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 . Kandungan kimia daun nanas.sebelum dan sesudah proses delignifikasi (optimasi menggunakan NaOH 4,6 dan 8%)

Berdasarkan Gambar 2, proses delignifikasi serbuk daun nanas optimal pada penggunaan natrium hidroksida konsentrasi 8% dimana kadar lignin setelah delignifikasi menjadi 1% artinya terjadi pengurangan kadar lignin sebesar 75%. Kandungan alfa selulosa tertinggi diperoleh pada optimasi natrium hidroksida konsentrasi 8%. Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan memberikan kadar persentase lignin semakin rendah. Dari hasil penelitian, kandungan kimia yang paling banyak terurai setelah mengalami proses delignifikasi adalah lignin. Pada penelitian menurut (Septevani *et al*,2018) kadar lignin mengalami penurunan yang signifikan dari 38,5% menjadi 12,1%. Hal ini memiliki persamaan dengan hasil penurunan kadar selulosa dari penelitian Hisyam (2015), bahwa kadar selulosa turun dari 100% menjadi 77,7% pada serbuk kayu sengon. NaOH yang digunakan bekerja dengan menguraikan ikatan selulosa dengan lignin pada serat daun

nanas yang merupakan bahan berlignoselulosa (Lubis, 2007). Kadar holoselulosa pada daun nanas yaitu 88,5% dan setelah mengalami proses delignifikasi, holoselulosa terurai menjadi 48% pada konsentrasi NaOH 4%, 68% pada konsentrasi NaOH 6%, dan 84% pada konsentrasi NaOH 8%. Holoselulosa adalah kombinasi dari selulosa (40-45%) dan hemiselulosa (15- 25%) (Rowell, 2005).

Pada penelitian ini memberikan hasil kadar hemiselulosa pada serat daun nanas pada konsentrasi NaOH 4% sebesar 15,6%. Pada penelitian Agustini (2015), kadar hemiselulosa pada serbuk pelepah sawit mengalami penurunan dari 100% menjadi 47,3% dan pada serbuk kayu sengon mengalami penurunan dari 100% menjadi 76,8%. Perlakuan delignifikasi berpengaruh terhadap penurunan kadar hemiselulosa, hal ini menunjukkan bahwa selulosa yang merupakan target utama pada

proses hidrolisis menjadi lebih mudah diakses (Harmsen, 2010).

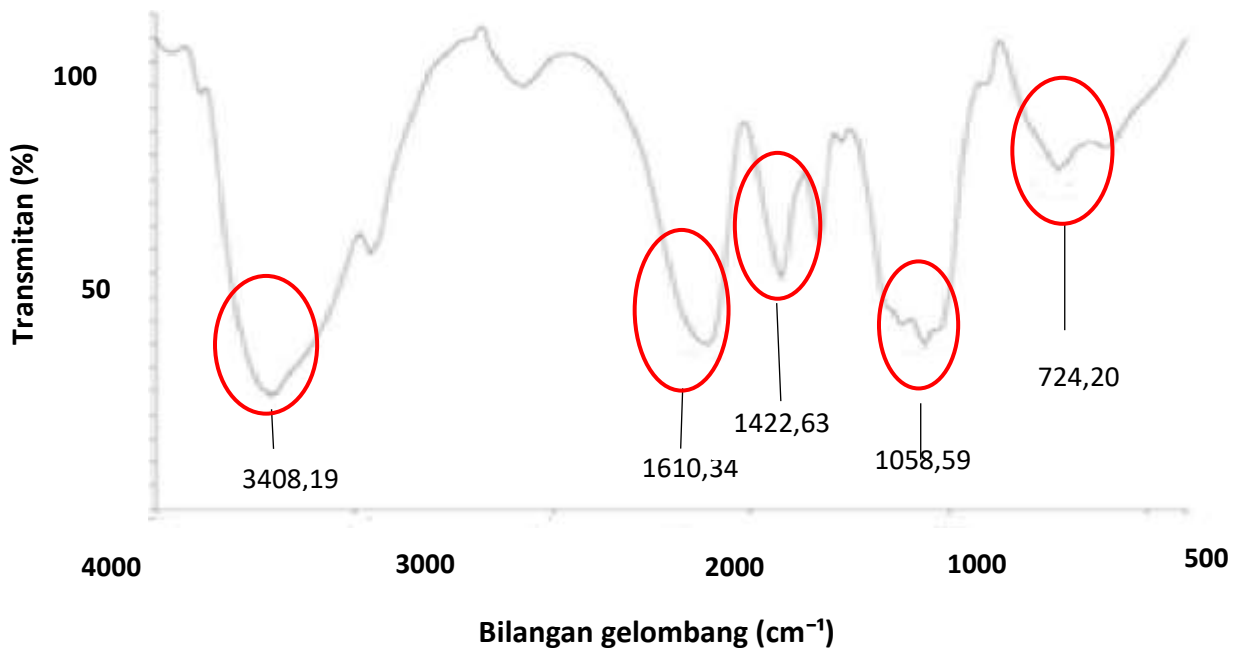
Spektrum FTIR

Karakterisasi selulosa dari daun nanas dan selulosa komersial dilakukan dengan tujuan untuk menentukan gugus fungsinya. Spektrum inframerah selulosa dicirikan oleh serapan pada

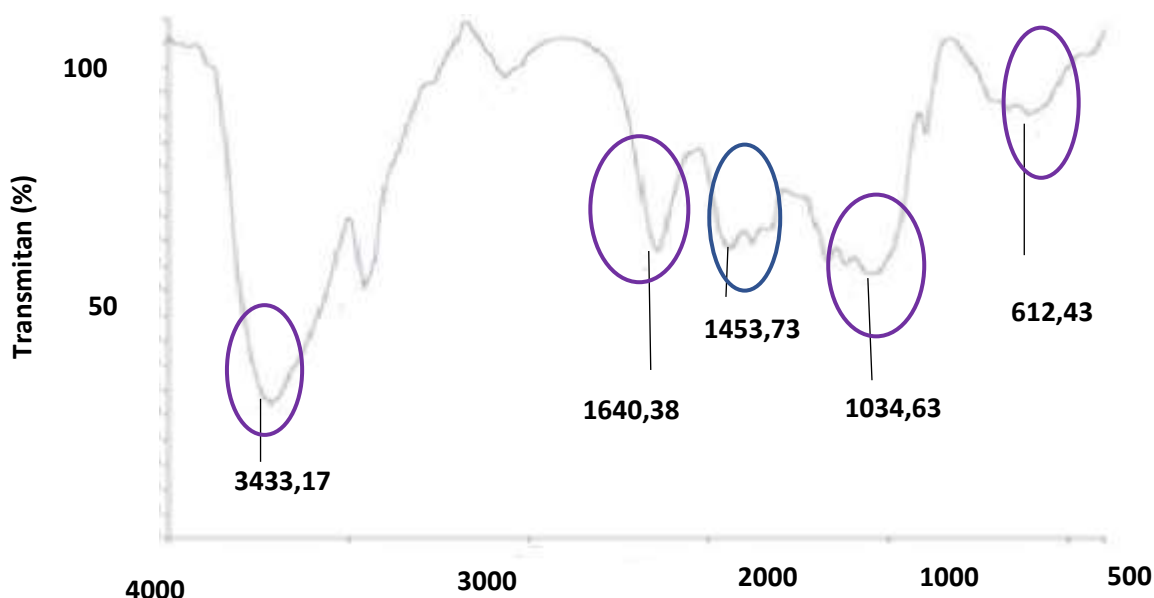
bilangan gelombang sekitar 3000 - 3400 cm^{-1} merupakan ulur O-H (Sukadana, 2010) ; bilangan gelombang sekitar 2800-3000 cm^{-1} merupakan ulur C-H (Kinney et al, 2012) ; bilangan gelombang sekitar 1000 - 1400 cm^{-1} merupakan ulur C-O (Alemdar, 2008). Spektrum FTIR dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spektrum FTIR Selulosa Daun Nanas dan Selulosa Komersial

Selulosa Daun Nanas		Selulosa Komersial	
Gugus	Bilangan Gelombang	Gugus	Bilangan Gelombang
C-O	612,43 cm^{-1}	C-O	724,20 cm^{-1}
C-O	1034,63 cm^{-1}	C-O	1058,59 cm^{-1}
C-O	1435,73 cm^{-1}	C-O	1329,55 cm^{-1}
H	1640,38 cm^{-1}	C-O	1422,63 cm^{-1}
C-H	2915,65 cm^{-1}	H	1610,34 cm^{-1}
O-H	3433,17 cm^{-1}	OH	3408,19 cm^{-1}



Gambar 3. Spektrum FTIR selulosa komersial



Gambar 4. Spektrum FTIR alfa selulosa daun nanas

Berdasarkan Gambar 3 dan 4, Absorpsi yang kuat dan luas berada pada daerah serapan 3433,17 cm^{-1} dan 3408,19 cm^{-1} yang menunjukkan O-H peregangan (*stretching*) (Sukadana, 2010). Gugus ulur C-H *stretching* ditunjukkan pada puncak 2915,65 cm^{-1} , yang merupakan kerangka selulosa yang terdapat pada kisaran bilangan gelombang 2800-3000 cm^{-1} (Kinney *et al.*, 2012). Bilangan gelombang 1422,63 cm^{-1} dan 1435,73 cm^{-1} menandakan ikatan alifatik *bending* (C-H) (Yusuf *et al.*, 2014). Serapan gugus C-O tampak pada bilangan gelombang 1034,63 cm^{-1} dan 1058,59 cm^{-1} (menunjukkan serapan C-O *stretching*) dan bilangan gelombang 612,43 cm^{-1} , 724,20 cm^{-1} , menunjukkan struktur dari komponen selulosa (Alemdar, 2008).

Gugus ikatan *bending* OH, ditunjukkan pada puncak 1600 cm^{-1} , hal ini terjadi karena adanya penyerapan dari air (ikatan hidrogen). Ikatan hidrogen terbentuk karena adanya ikatan antara atom hidrogen dari kelompok hidroksil dan atom oksigen dari monomer glukosa. Hal ini menunjukkan adanya pembentukan serat selulosa (Putera, 2012). Pita serapan 899-670 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C-O-C dan pita sekitar 800-1000 cm^{-1} menunjukkan ikatan glikosidik yang merupakan karakteristik dari selulosa.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa

produksi alfa selulosa diperoleh dengan menggunakan NaOH 8% dengan persentase yaitu 66%. Kadar lignin yang dihasilkan sebesar 1%. Karakterisasi FTIR selulosa dari daun nanas memiliki spektrum yang mirip dengan karakterisasi FTIR selulosa komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agoes, G. 2013. Pengembangan Sediaan Farmasi. Bandung : Institut Teknologi Bandung. Hlm 279 – 281.
- [2] Alemdar, T. 2008. Pemutihan Enceng Gondok Menggunakan Hidrogen Peroksida Dengan Katalisator Natrium Bikarbonat. Fakultas Teknik. Semarang (Skripsi): Universitas Negeri Diponegoro.
- [3] Agustini, L., Efianti, L. 2015. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa dan Produksi Etanol dari Limbah Berlignoselulosa. Jurnal Penelitian Hasil Hutan (33) : 69-80.
- [4] [DEPKES RI] Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2000. Farmakope Indonesia. Edisi VI. Departemen Kesehatan RI. Hlm 412.
- [5] Haradewi, E. 2005. Konversi Bahan Berlignoselulosa Menjadi Bioenergi Etanol. Prosiding Seminar Nasional Biomassa lignoselulosa. Hlm. 14-21.

- [6] Hidayat, P. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. Yogyakarta . Tektonin
- [7] Hisyam. 2012. Isolasi Selulosa Ampas Sagu dengan Delignifikasi Menggunakan Hidrogen Peroksida. Skripsi Fakultas Ilmu Matematika dan Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- [8] Kinney, T.J., Masiello, C.A., Dugan, B., Hockaday, W.C. Hidrologic Properties of Biochar Produced at Different Temperatures. *Biomass & Bioenergy*. (30) 1- 10.
- [9] Kurniaty, I., Habibah, U., Yustiana, D., Fajriah, I. 2017. Proses Delignifikasi Menggunakan NaOH dan Amonia pada Tempurung Kelapa. *Jurnal Integrasi Proses* 6 (4) : 197 – 201. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [10] Ningsi,S., Iklasita, |N, Wahyuddin, |M, dan| Syakri S., Karakterisasi mikrokristalin selulosa dari kulit jagung pulut (*Zea mays L. Var Ceratina Kulesh*), The 2nd Alauddin Pharmaceutical Conference and Expo (ALPHA-C) 2020 ,19 December 2020.
- [11] Permatasari, H.R., Gulo, F., Lesmini, B. 2014. Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa Apus*). *Jurnal Pendidikan Kimia*. Hlm 132 – 133 Palembang : Universitas Sriwijaya.
- [12] Pranoto, S. 2017. Pemanfaatan Selulosa Bagas untuk Produksi Etanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. *Makara Teknologi*. (1) : 17-24.
- [13] Rowell, S. 2005. *Material Science and Engineering an Introduction*. John Willey and Sons.
- [14] Septevani, A.A., Burhani, D. Sudiyarmanto. 2018. Pengaruh Proses Pemutihan Multitahap Serat Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Kimia dan Kemasan* (40): 71-78
- [15] Sjostrom E. 1991. *Wood Chemistry, Fundamentals and Applications*. New York: Academic Press.
- [16] Sukadana, I. 2010. Aktifitas Senyawa Flafonoid Dari Kulit Akar Awar-awar 4(1) : 63 – 67
- [17] Sumada, E. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan limbah Rumput Laut *Euचेuma Cottonii* Sebagai Bahan Baku. *Ilmiah Teknik Mesin Cakram* (1) : 75
- [18] Sun, Y., Cheng., J. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production. *Bioresource Technology Journal* (1) : 1-11.
- [19] Technical association of the pulp and paper industry (TAPPI) : T 9 m-54 Technical association of the pulp and paper industry (TAPPI) : 17 m-54 Technical association of the pulp and paper industry (TAPPI) : 13 0s-54
- [20] Tutus, A. 2004. Delignifikasi Onggok Sagu Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam. *Jurnal Teknik Kimia*. UPN Jawa Timur. (5) 434-435
- [21] Umaningrum, D., Nurmasari, R., Astuti, M.D., Mardhatillah., Mulyasuryani, A., Mardiana, D. 2018. Isolasi Selulosa Dari Jerami Padi Menggunakan Variasi Konsentrasi Basa. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*.12 (1) : 25 – 33. Malang: Universitas Brawijaya.