

Isolasi Lignin dari Jerami Padi dengan Metoda Klason

Hotni Lamtiar¹, Elvi Yenie², Yelmida³

Laboratorium Kimia Dasar 2

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

*Email : oni@yahoo.com

ABSTRACT

Lignine is a complex polimer with high molecular weight which compiled of fenilpropane units. This study aims to know concentration of NaOH influence and delignification time of rice straw influence againts sucrose content of rice straw. Analysis of lignine purity using Klason Method. Isolation of waste rice straw are extraction, hydrolysis, delignification, and purity by using Klason Method. Extraction process be done on variety of NaOH catalyst concentration (4%, 6%, 8%) in hydrolisis process and delignification time (1 hour, 1 1/2 hour, and 2 hour) . The best hydrolisis result is 8%, the best delinification time is 1 jam with concentration 8% NaOH in the process of ripening and the highest purity of lignine is 3,14%. The result of delignification will be analized its lignine concentration using for Fourier Transform Infra Red (FTIR) to know its function cluster.

Keywords: Delignification, Extraction, FTIR, Hydrolisis, Rice Straw, Lignine, Klason Method

I. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan negara agraris dengan lahan pertanian yang sangat luas serta hasil pertanian yang melimpah. Luas areal pertanian padi di Indonesia sebesar 13,84 juta ha (BPS, 2013). Rata-rata produksi padi nasional mencapai 51,52 ton per ha. Angka ini lebih tinggi dari Filipina dan Malaysia yang masing-masing sebesar 23 ton dan 40 ton. Angka yang terbilang tinggi ini dapat dijadikan modal bagi kita untuk memanfaatkan limbah pertanian padi (khususnya jerami) sebagai sumber bahan baku pembuatan bioetanol.

Jerami padi kaya selulosa dan hemiselulosa masing-masing 39% dan 27,5%. Hemiselulosa merupakan heteropolimer polisakarida yang keberadaannya terbanyak kedua setelah selulosa. Lignoselulosa sebagian besar terdiri dari campuran polimer karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa), lignin, ekstraktif, dan abu. Salah satu pemanfaatan lignin ialah dapat dimodifikasi menjadi lignosulfonat. Lignosulfonat dapat berupa natrium lignosulfonat, amonium

lignosulfonat, kalsium lignosulfonat, dan zink lignosulfonat.

Penggunaan lignosulfonat sangat beragam, diantaranya sebagai bahan pendispersi pada berbagai sistem dispersi partikel (misalnya pasta gipsum dan pasta semen), sebagai bahan emusifier dan pendispersi pada proses *recovery* dalam industri pengeboran minyak, sebagai bahan perekat dalam industri keramik, sebagai bahan pendispersi zart warna dalam industri tekstil (Gargulak dan Lebo, 2000).

Banyaknya padi yang diproduksi akan menyebabkan bertambahnya limbah jerami padi yang dapat meyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian guna mengurangi volume limbah jerami padi dan meningkatkan nilai tambahnya. Salah satu upaya yang dilakukan adalah mengisolasi serta mendapatkan kemurnian kandungan lignin yang terdapat pada jerami padi.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1996), lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi, tersusun atas unit-unit fenilpropana. Lignin

terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel dan juga berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kandungan air kayu. Sehingga perlu diketahui kemurnian lignin dan gugus fungsi lignin dari proses isolasi lignin dengan kemurnian lignin terbaik pada lingkup penelitian.

Metode Klason merupakan prosedur penentuan lignin yang paling umum digunakan. Prosedur ini memisahkan lignin sebagai material yang tidak larut dengan depolimerisasi selulosa dan hemiselulosa dalam asam sulfat 72% yang diikuti dengan hidrolisis polisakarida pada asam sulfat 3% yang dipanaskan. Bagian yang terlarut menjadi filtrat disebut lignin terlarut asam (*acid soluble lignin*) (Yasuda, dkk, 2001).

Akiyama, dkk (2005) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang dan *hardwood* dalam hal kandungan lignin terlarut asam yang didasarkan pada prosedur lignin Klason. Proporsi lignin terlarut asam pada *hardwood* yang tinggi terdapat pada jenis yang memiliki lignin klason kecil dan kandungan metoksil yang tinggi.

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah dapat memberikan pengetahuan pada peneliti serta masyarakat umum tentang kemurnian lignin pada proses isolasi lignin yang optimum pada rentang ruang lingkup variasi penelitian yang dilakukan.

II. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan adalah Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, timbangan analitik, labu didih, buret, gelas ukur, cawan porselin, desikator, *Hot Plate magnetic stirrer*, *heating mantle*, soklet, corong *buchner*, botol aquades, pH meter, kertas saring, labu erlenmeyer, kertas lakmus whatman, termometer, batang pengaduk, oven, *aluminium foil*, alat FTIR.

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan adalah jerami padi, ekstrak abu jerami padi, heksan, asam sulfat 72 %, NaOH (4,6,8 %), aquadest.

2.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua proses utama yaitu proses ekstraksi jerami padi dan proses hidrolisis jerami padi. Proses hidrolisis terdiri dua tahap, yaitu prehidrolisa dan delignifikasi. Variabel tetap pada proses ekstraksi selama 6 jam, pada proses hidrolisa dan delignifikasi yaitu ukuran partikel 60 mesh, suhu hidrolisa dan delignifikasi 100±5 °C, waktu hidrolisa 2 jam, nisbah padatan-larutan hidrolisa 1:10, volume larutan delignifikasi H₂SO₄ 72% sebanyak 25 ml. Variabel berubah penelitian ini adalah konsentrasi larutan katalis NaOH (4%, 6%, dan 8 %), waktu proses delignifikasi (1 jam, 1½ jam, dan 2 jam).

2.4 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan bahan dilakukan dengan membersihkan jerami padi kemudian diperkecil ukurannya secara manual dengan panjang 3 – 5 cm lalu dikeringkan di udara terbuka. Selanjutnya bahan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga berat serbuk konstan. Bahan kering kemudian digiling dan diayak dengan ayakan berukuran 60 mesh.

2.5 Ekstraksi

Proses ekstraksi menggunakan metode sokletasi. Tujuan proses ekstraksi yaitu menghilangkan kadar ekstraktif pada pelepah sawit. Pelarut yang digunakan yaitu heksan. Proses sokletasi dilakukan selama 6 jam. Tahap ekstraksi berdasarkan TAPPI T-222 CM-98.

2.6 Proses Hidrolisis

2.6.1 Proses Prehidrolisis

Proses prehidrolisis jerami padi bertujuan untuk melemahkan ikatan hemiselulosa dan lignin yang terdapat pada jerami padi. Prehidrolisis merupakan tahap

pertama dalam pemasakan dengan menggunakan pelarut natrium hidroksida pada konsentrasi 4, 6, dan 8%. Kondisi prehidrolisis pada temperatur 100 ± 5 °C, rasio bahan baku terhadap larutan pemasak ekstrak abu jerami padi 1:10 dan waktu pemasakan 2 jam. dengan pemasakan selama 2 jam (Gunam dkk, 2011).

2.6.2 Proses Delignifikasi

Proses delignifikasi jerami padi bertujuan untuk memisahkan komponen lignin yang terdapat pada jerami padi. Proses delignifikasi/*cooking* dilakukan setelah proses prehidrolisis. Lignin yang telah dikeringkan pada suhu 100 ± 5 °C dimasukkan kedalam reaktor yang kemudian dilarutkan dengan menambahkan asam sulfat pekat 72% volume 25 ml secara perlahan - lahan. Setelah terdispersi reaktor ditutup dan dibiarkan selama beberapa variasi waktu (1 jam, $1\frac{1}{2}$ jam, dan 2 jam) sambil tetap dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Hasil reaksi dipindahkan dalam labu erlenmeyer ukuran 500 ml dan diencerkan dengan aquades sampai 400 ml. Kemudian larutan dipanaskan sampai mendidih dan dibiarkan selama 1 jam dan dibiarkan beberapa saat hingga lignin mengendap sempurna. Endapan lignin dicuci sampai bebas asam (uji dengan menggunakan pH universal) dan dikeringkan hingga suhu 100 ± 5 °C. (Simatupang dkk, 2012).

2.7 Analisa Hasil

2.7.1 Uji Kemurnian Lignin dengan Metoda Klason

1. Sampel lignin jerami padi sebanyak 1 gr dimasukkan ke dalam gelas piala 250 ml, ditambahkan 25 ml H_2SO_4 72 % pada suhu 20 ± 2 °C, kemudian aduk dengan batang pengaduk selama 2 – 3 menit.
2. Setelah terdispersi sempurna, gelas piala ditutup dengan kaca arloji sambil dibiarkan selama 2 jam dan dilakukan pengadukan sekali – sekali selama proses berlangsung.

3. Tambahkan aquades sebanyak 300 ml kedalam labu erlenmeyer ukuran 1000 ml dan sample dipindahkan dari gelas piala secara kuantitatif. Aquades ditambahkan lagi sampai volumenya 575 ml, sehingga konsentrasi asam sulfat menjadi 3 %.
4. Larutan dipanaskan dalam erlenmeyer selama 4 jam. Kemudian didinginkan sampai endapan lignin terbentuk endapan sempurna dan disaring dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya.
5. Endapan dicuci sampai bebas asam dengan air panas (uji dengan lakmus), dikeringkan dalam oven pada suhu 100 ± 5 °C lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan.

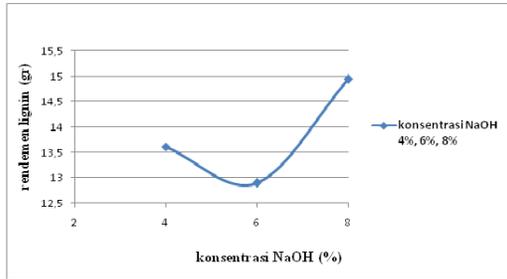
2.7.2 Analisa dengan Spektroskopi *Infra Red*

Lignin digerus sampai halus dan ditambahkan kristal KBr. Campuran ini digerus sampai halus dan homogen. Campuran kemudian diletakkan dalam alat press untuk membuat pelet KBr. Udara dievakuasi sebelum penekanan pelet. Pelet diupayakan sangat tipis dan homogen. *Scanning* dilakukan terhadap pelet dengan menggunakan FTIR *Perkin Elmer*. Sampel lignin yang telah berbentuk pelet KBr dimasukkan dalam alat FTIR dan diukur serapannya pada bilangan gelombang 4600-400 cm^{-1} .

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hubungan Antara Konsentrasi NaOH terhadap Rendemen Lignin

Adanya hubungan konsentrasi katalis NaOH terhadap rendemen lignin dapat dilihat pada gambar 3.1 .

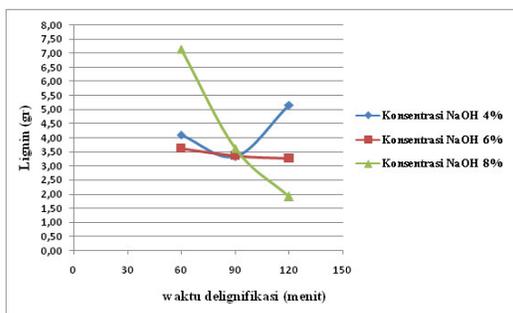


Gambar 3.1 Hubungan Antara Konsentrasi NaOH terhadap rendemen lignin

Gambar diatas menunjukkan hubungan antara konsentrasi NaOH pada saat pemasakan serbuk jerami padi yang sudah diekstraksi terhadap lignin yang dihasilkan. Berdasarkan grafik diatas diperoleh peningkatan kadar lignin terbaik pada konsentrasi NaOH 8 % sebanyak 14,94 gram. Namun pada pemasakan dengan konsentrasi NaOH 4 % dan 6 % terjadi penurunan kadar lignin. Arah hubungan yang positif menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi basa (NaOH) yang digunakan maka semakin besar kadar rendemen lignin yang didapat. Penambahan katalis natrium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mendegradasi dan melarutkan lignin sehingga mudah dipisahkan dari selulosa dan hemiselulosa. Disamping itu, dapat pula memutus ikatan-ikatan yang ada pada masing-masing komponen, seperti ikatan hidrogen dan ikatan kovalen.

3.2 Hubungan antara Waktu Delignifikasi terhadap lignin

Adanya hubungan waktu delignifikasi terhadap rendemen lignin dapat terlihat pada gambar 3.2



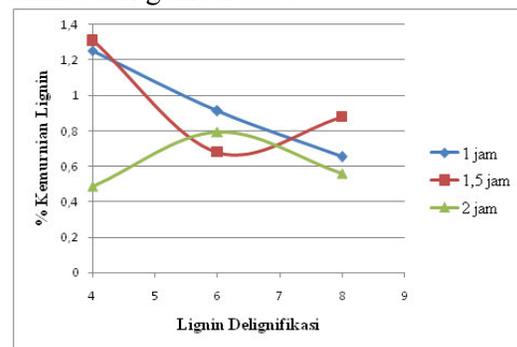
Gambar 3.2 Hubungan pengaruh waktu pada proses delignifikasi

Gambar diatas menunjukkan hubungan antara waktu dan pemasakan lignin dengan H₂SO₄ 72 % dari jerami padi terhadap lignin yang dihasilkan. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa secara umum terjadi peningkatan kadar lignin pada waktu 1 jam. Hal ini menunjukkan bahwa pemasakan lignin dengan H₂SO₄ dapat mengkondensasikan senyawa lignin tersebut. Sedangkan pada rentang waktu 1,5 jam sampai 2 jam terjadi penurunan kadar rendemen lignin.

Menurut Simatupang Harmaja, dkk (2012), pada suasana asam lignin lebih cenderung melakukan kondensasi sehingga pada saat pengendapan yang dilakukan semakin banyak lignin yang terisolasi, sehingga semakin bertambahnya waktu pemasakan akan mempengaruhi proses delignifikasi, dimana peningkatan waktu pemasakan akan menyebabkan lignin yang terlarut akan semakin banyak dan proses impregnasi antara pelarut dengan serbuk jerami padi semakin sempurna. Bertambahnya waktu reaksi akan menyempurnakan reaksi yang terjadi. Namun, waktu reaksi yang lebih lama dapat menghambat reaksi delignifikasi sehingga menyebabkan menurunnya kadar lignin yang diperoleh. Lignin yang telah larut dalam media pemasak bisa terpolimerisasi kembali (Amraini, dkk., 2010).

3.3 Kadar % Kemurnian Lignin Dengan Metoda Klason

Kadar % kemurnian lignin dapat dilihat dari gambar 3.3 .



Gambar 3.3 Kadar Kemurnian Lignin dengan Metoda Klason

Gambar diatas menunjukkan hubungan antara lignin hasil delignifikasi terhadap hasil kemurnian lignin dengan Metoda Klason. Metoda Klason adalah suatu proses yang dilakukan untuk mendapatkan kemurnian lignin dengan menggunakan asam sulfat 72 %. Pada waktu 1 jam terjadi penurunan % kemurnian lignin dari rentang 1,253 % menjadi 0,654 %, pada waktu 1,5 jam kemurnian lignin turun dari 1,31 % sampai 0,68 % dan naik kembali menjadi 0,88 %. Sedangkan pada waktu 2 jam kemurnian lignin meningkat dari 0,487 % sampai 0,796 % dan turun kembali menjadi 0,56 %. Berdasarkan perlakuan waktu delignifikasi yang berbeda, menunjukkan bahwa lignin Klason menurun seiring dengan lamanya waktu reaksi dalam asam sulfat 72%.

Yasuda,dkk (2001) menyatakan bahwa lama waktu perlakuan dalam asam sulfat 72% terjadi penurunan yang nyata pada nilai lignin Klason. Hasil ini kemungkinan ditunjukkan dengan kecepatan reaksi kondensasi antara syringil lignin dengan karbohidrat dalam asam sulfat 72%-terkatalisasi.

Kandungan lignin Klason yang tinggi akan sukar untuk didelignifikasi dibandingkan dengan kayu yang memiliki kandungan lignin yang rendah. Dengan kata lain, keberadaan lignin klason yang masih tinggi menyebabkan proses delignifikasi semakin lambat sehingga waktu delignifikasi semakin lama dan hasil tidak maksimal. Disamping itu, juga diperlukan bahan kimia pemasak yang cukup banyak untuk mendegradasi lignin. Lignin dengan Metoda Klason pada penelitian ini diperoleh kadar kemurnian lignin tertinggi yaitu 1,31 % dari sampel 4 hasil delignifikasi waktu 1 jam. Semakin lamanya waktu delignifikasi dapat mempengaruhi hasil kemurnian lignin yang diperoleh.

3.4 Analisa Lignin dengan FTIR (*Fourier Transform InfraRed Spectroscopy*)

Pada penelitian ini, dalam rangka pencirian gugus fungsi polimer isolat lignin dari jerami padi dilakukan dengan cara yaitu menggunakan *Fourier Transform InfraRed Spectroscopy* (FT-IR) yang mampu mengidentifikasi serapan-serapan khas untuk masing-masing gugus fungsi yang terkandung dalam sampel.. Isolat lignin yang dihasilkan dari kondisi isolasi terbaik dan menghasilkan rendemen dan kemurnian terbesar, selanjutnya diidentifikasi lebih lanjut dengan spektrofotometer FT-IR.

Hergert (1971), senyawa lignin secara umum diidentifikasi dengan munculnya beberapa gugus penyusun seperti serapan pada bilangan gelombang 2820 - 2940 cm⁻¹ untuk regang O-H metil, 1715 - 1710 cm⁻¹ untuk rentangan C=O tak terkonjugasi dengan cincin aromatik, 1675 - 1660 cm⁻¹ untuk rentangan C=O terkonjugasi dengan cincin aromatik, 1515 - 1505 cm⁻¹ untuk rentang vibrasi cincin aromatik, 1470-1460 cm⁻¹ untuk rentang Deformasi C-H (asimetri), 1370-1365 cm⁻¹ untuk rentang Deformasi C-H (simetri), 1330 - 1325 cm⁻¹ untuk regang cincin stringil, 1270 - 1275 cm⁻¹ untuk cincin guasil, 1030 - 1085 cm⁻¹ untuk regang eter dan 800 - 830 cm⁻¹ untuk C-H aromatik. Isolat lignin yang diuji merupakan isolat lignin hasil penelitian dengan kombinasi perlakuan terbaik yang diperoleh yaitu proses delignifikasi dengan perlakuan pemasakan dengan asam sulfat pekat 72 % selama 2 jam sebanyak 1,9 gram.

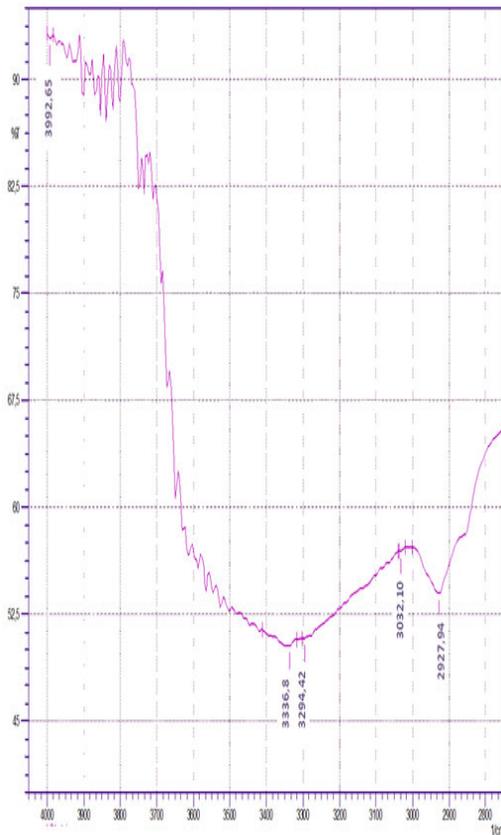
Tabel 3.1 Gugus fungsi monomer lignin

Keterangan Gugus fungsi	Standar Kisaran pita serapan
Rentangan OH	3400 - 3450
Rentangan OH pada gugus metil dan metilena	2820 - 2940
Vibrasi cincin aromatik	1600 - 1610

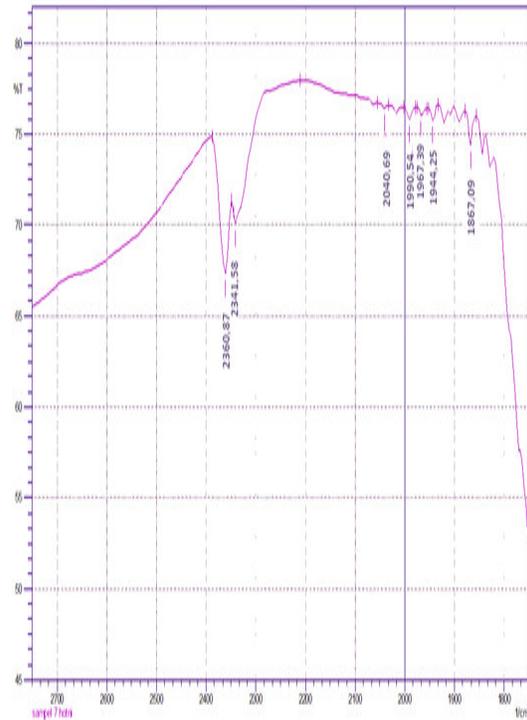
Vibrasi cincin aromatik	1515-1505
Deformasi C-H (asimetri)	1470-1460
Vibrasi cincin siringil	1330-1325
Vibrasi cincin guaiasil	1270-1275
Deformasi C-H dan C-O (eter)	1085-1030
C - H Aromatik	800 - 830

Sumber data : Hergert (1971) dalam Fengel (1995)

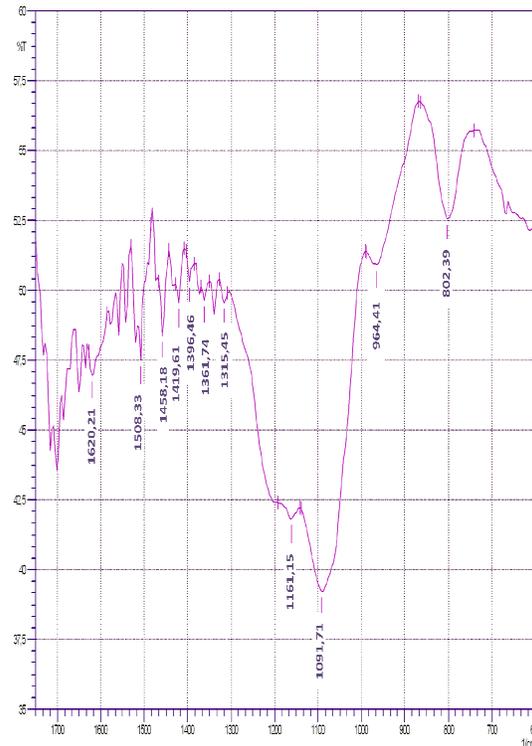
Berdasarkan data Herget (1947) diatas analisa FTIR lignin pada penelitian ini tedapat pada sampel 7 dengan hasil delignifikasi sebanyak 7,13 gram.



(a). Analisa Lignin pada FTIR Rentang 4000-2500 cm-1



(b). Analisa Lignin pada FTIR Rentang 2700 - 1800 cm-1



(c). Aalisa Lignin pada FTIR Rentang 1700 – 60 cm-1

Gambar 3.4. Spektrum FTIR Delignifikasi pada Sampel 7 dengan Waktu 1 Jam (grafik a,b,c)

Pada Gambar 3.4, hasil identifikasi gugus fungsi dengan FT-IR lignin hasil delignifikasi menunjukkan pola serapan pada daerah bilangan gelombang yang menunjukkan kisaran standar pita serapan pada lignin dan yang diperoleh pada penelitian. Pita serapan pada bilangan gelombang 3336,85 cm⁻¹ menunjukkan rentang OH, pada serapan 2927,94 cm⁻¹ rentang C-H pada gugus metil dan metilena. Selanjutnya pada pita serapan 1620 cm⁻¹ dan 1508,33 cm⁻¹ untuk rentang vibrasi cincin aromatik. Pada pita serapan 1458,18 cm⁻¹ untuk rentang eformasi C-H (asimetri). Pita serapan 1396,40 cm⁻¹ untuk rentang deformasi C-H (simetri). Kemudian pita serapan 1315,45 cm⁻¹ untuk rentang vibrasi cincin siringil, pita serapan 1161,15 untuk rentang vibrasi cincin guaiasil. Pada pita serapan 1091,71 cm⁻¹ untuk rentang deformasi C-H dan C-O (eter) dan ulur serapan 802,39 cm⁻¹ untuk rentang C – H aromatik .

Fengel (1995) menyatakan bahwa pergeseran bilangan gelombang mungkin saja terjadi disebabkan oleh adanya pengaruh struktur batas (*bordering*) pada inti aromatik yang terkandung dalam bahan yang dianalisis. Meskipun spektrum infra merah merupakan sifat khas senyawa-senyawa yang strukturnya sudah diketahui secara pasti, terdapat sejumlah ketidakpastian bila menginterpretasi spektra IR lignin. Hal ini terutama disebabkan oleh dua faktor. Pertama, terdapat variasi yang besar dalam struktur dan komposisi lignin, tergantung pada asal sampel dan prosedur isolasi khusus. Kedua, variasi disebabkan oleh teknik-teknik pengukuran lignin yang berbeda dalam pelarut yang sesuai, dalam bentuk film atau dalam bentuk penggunaan yang paling sering yaitu pellet kalium bromida.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- ✓ Pengaruh konsentrasi katalis NaOH terhadap rendemen lignin pada proses hidrolisa yang terbaik yaitu

pada konsentrasi NaOH 8 % dengan rendemen lignin 16,39 gram.

- ✓ Pengaruh waktu delignifikasi terhadap rendemen lignin yang terbaik yaitu waktu 2 jam pada konsentrasi NaOH 4 % dengan rendemen lignin 5,16 gram dan waktu 1 jam pada konsentrasi NaOH 8 % dengan rendemen lignin 7,13 gram.
- ✓ Kadar % kemurnian lignin dengan analisa Metoda Klason memiliki kadar lignin tertinggi yaitu 1,31 %.

4.2 Saran

Penelitian ini masih menghasilkan kadar kemurnian lignin yang sedikit, oleh karena itu agar menghasilkan kemurnian lignin yang maksimal selanjutnya disarankan menyiapkan bahan baku jerami padi yang akan digunakan lebih banyak lagi sehingga lignin yang didapatkan banyak. Selanjutnya ada variasi konsentrasi asam sulfat pada proses delignifikasi sehingga dapat diketahui pengaruh asam sulfat terhadap lignin yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Elvi Yenie, ST., M.,Eng dan Ibu Dra. Yelmida, Msi selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada rekan-rekan Teknik Kimia Angkatan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, 1990, *Kimia Kayu*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat Institut Pertanian Bogor , Bogor.
- Akiyama, T., Goto, D.S.N., dan W. Syafii, 2005, *Erythro/threo ratio of β -O-4-structures as an important structural characteristic of lignin. Part 4: Variation in the erythro/threo ratio in*

- softwood and hardwood lignins and its relation to syringyl/guaiacyl ratio*, Holzforschung 59: 276-281.
- Amraini, S.Z., Zulfansyah, H. Rionaldo, A. Mukhtar, V.D. Wati. 2010. *Pembuatan Pulp Sabut Sawit Dengan Proses Actosolv*. Pekanbaru: Jurusan Teknik Kimia Dan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau.
- Badan Pusat Statistik Indonesia, 2013, <http://bps.go.id/tmn-pgn.php>, diakses 4 Oktober 2013.
- Casey, J.P., 1980, *Pulping Chemistry and Chemical Technology Volume I, Pulping and Papermaking*, Intercine Publicer Inc, New York.
- Fengel, D., dan Wegener, G., 1995, Kayu Kimia, Ultrastruktur, Reaksi – Reaksi, *Translated from the English by H.Sastrohamidjojo*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gargulak, J.D., dan Lebo., 2000, *Lignin: Historical, Biological, and Materials Perspectives*, Oxford University Press : 304–320, Washington.
- Gullichsen, J., dan Paulapuro, H., 2004, *Papermaking Science and Technology : Forest Products Chemistry*, Book 3, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, Helsinki.
- Gunam, I.B.W., Ketut, B., dan Made Y.S., 2011, *Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produk Enzim Selulase Dari Aspergillus niger Nrrl A-li, 264*, Universitas Udayana, Bali.
- Gunam, I.B.W., Ni Made W., dan Pande, M.S., 2011, *Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari Aspergillus Niger Fnu 6018*, Universitas Udayana, Bali.
- Haygreen dan Bowyer, J.L., 1996, *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar, Terjemahan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hergert, 1971, *Infrared Spectra*, Willey Interscience : 267-297, New York..
- Huijgen, W., P.D, Wild., H, Reith. 2010. *Lignin Production by organosolv Fractionation Of Lignocellulosic Biomass*. Amsterdam: Energi Research Centre Of Netherlands
- Jalaluddin dan Samsul, R., 2005, *Pembuatan Pulp Dari Jerami Padi Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida*, Jurusan teknik kimia Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, 6 (2), Aceh.
- Komar, A., 1984, *Teknologi Pengolahan Jerami sebagai Makanan Ternak*, Yayasan Dian Grahita, Bandung.
- Matsushita, Y.A., Kakehi, S.M., dan S. Yasuda, 2004, *Formation and Chemical Structures of Acid Soluble Lignin II: Reaction of Aromatic Nuclei Model Compound with Xylan in the Presence of a Counterpart for Condensation, and Behavior of Lignin Model Compound with Guaiacyl and Syringyl Nuclei in 72% Sulfuric Acid*, Journal of Wood Science 50: 136-141.
- Mohsenin, N.M., 1984, *Electromagnetic Radiation properties of Food and Agriculture Products*, Gordon and Breach Science Publisher, New York.
- Nasution, B., 1983, *Pembuatan Pulp dengan Pelarut Organik, Prosiding pada Simposium Selulosa dan Kertas V, 3-5 Agustus 1983*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa Bandung, Bandung.
- Nofriadi, E., 2009, *Keragaman nilai lignin terlarut asam (acid soluble lignin) dalam kayu reaksi Pinus (merkusii jungh et de vriese) dan Melinjo (gnetum gnemon linn)*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor. Bandung.
- Nuryanto, E., 2000, *Isolasi dan Degradasi Lignin Dari Lindi Hitam Pulp Tandan Kosong Sawit secara kimia*. tesis magister kimia, ITB Press, Bandung.
- Nuryanto, E., 2001, *Isolasi Lignin dari Lindi Hitam Pulp Tandan Kosong*

- Sawit*, Skripsi, Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit 9 (2) : 61 – 66.
- Pecsok, R.L., L.D. Shields, T.Cairns, dan I.G. McWilliam, 1976, *Modern Methods of Chemical Analysis*, John Wiley & Sons: United States of America.
- Pusat Penelitian Kosong Sawit (PPKS) Medan. 2011. *Analisa Lignin Terhadap Tandan Kosong Sawit*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Simatupang, H., Andi, N., dan Netti, H., 2012, *Studi Isolasi dan Rendemen Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKS)*, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Singh, J., N.S Mishra, Saumita, B., dan Yogesh, C., 2011, *Comparative studies of physical karakteristik of raw and modified sawdust for their use as adsorbents for removal of acid dye*, Institute of Technology, Banaras Hindu University, India.
- Sjostrom, E., 1995, *Kimia Kayu Dasar-dasar dan Penggunaan*, Terjemahan Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Pulp - Cara Uji Kadar Lignin Metoda Klason*. SNI 0492-2008, <http://sisni.bsn.go.id>. Diakses 3 Maret 2014.
- Sulhatun. 2005. *Pemanfaatan Tandan Kosong Sawit Sebagai Sumber Lignin*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sundquist, J., 1999, *Organosolv Pulping.Chemical Pulping at Paper making Science and Technology*, Helsinki Finland.
- Sutiani, A.,1997, *Biodegradasi Polyblend Polystirene-Pati*, Bidang Khusus Kimia Fisik, Program Studi Kimia, Program Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- TAPPI. 1998. *TAPPI Test Methods*. Atlanta: TAPPI Press.
- Yasuda, S., K. Fukushima, dan A. Kakehi., 2001, *Formation and Chemical Structures of Acid Soluble Lignin I: Sulfuric Acid Treatment Time and Acid-Soluble Lignin Content of Hardwood*, Journal of Wood Science 47: 69-72.
- Zebbil, B., dan Tomi, 2010, *Analisa Senyawa Selulosa dan Lignin dalam Ampas Tebu*, Skripsi, Universitas Andalas, Padang.