

PENGARUH WAKTU REAKSI DAN PENAMBAHAN VOLUME ENZIM TERHADAP PEMURNIAN SELULOSA- PELEPAH SAWIT MENGGUNAKAN ENZIM XYLANASE DARI *Trichoderma sp*

Putri, M.F*, Padil**, Yelmida**

*Alumni Teknik Kimia Universitas Riau

**Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

medonnafebrinaputri@gmail.com

ABSTRACT

Palm midrib is one of the solid waste from oil palm plantations and there is approximately 35% - cellulosa component. Cellulose which contained in waste palm midrib are very potential to transform into nitrocellulose raw material. Purify of cellulose above 92% can be used to make main propelan raw material or explosive matter. The purpose of this research was to got the best condition of addition from xylanase enzyme and the best time of reaction from purifying -cellulose palm midrib process as a main nitrocellulose raw material. Palm midrib has to accomplished by several steps of purify such as extraction, hydrolysis, and delignification, and then continue to purifying process with xylanase enzyme on 60°c phase, pH 5, ratio of palm midrib: aquadest 1:25 in term of enzyme volume addition and time of reaction variation. The analyst of cellulosa that pass the hidrolisis show the purity -cellulose is 86,48%. The best condition is able at enzyme volume addition 3 ml and time of reaction 90 menit with the purity of -cellulose obtained 96,6%. So it can be concluded that -cellulose of the palm midrib pass purity process used the xylanase enzyme can be used for the manufacture of nitrocellulose.

Keyword : *-cellulosa, nitrocellulose, palmmidrib, purification, xylanase enzyme*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri sawit di Indonesia saat ini telah menunjukkan perkembangan yang sangat cepat. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil sawit terbesar di dunia. Luas lahan sawit Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga diproyeksikan komoditas sawit akan menjadi komoditas terbesar Indonesia pada masa mendatang. Hal itu tentu menjadi daya dukung tumbuhnya industri-industri sawit baru di Indonesia baik itu industri hulu maupun hilir.

Perkembangan industri sawit tak terlepas dari sisa produksi dan limbah, baik itu limbah industri maupun limbah pertanian. Pelepah sawit merupakan salah satu limbah pertanian yang dihasilkan. Litbang Deptan [2010] memperkirakan dalam satu pohon sawit bisa menghasilkan 22 pelepah, dan satu hektar akan dihasilkan sekitar 6,3 ton pelepah setiap tahunnya.

Provinsi Riau tercatat sebagai wilayah yang memiliki perkebunan sawit terluas di Indonesia yaitu 2,25 juta hektar [Badan Pusat Statistik Riau, 2011]. Dapat dihitung potensi pelepah sawit yang akan dihasilkan provinsi Riau mencapai 14,2 juta ton pelepah sawit per hektar dalam satu tahun.

Limbah pelepah sawit saat ini belum dimanfaatkan secara optimal yang bahkan menimbulkan permasalahan baru. Selama ini limbah padat sawit dibakar di lahan dan menghasilkan abu untuk pupuk tanaman sehingga belum bisa memberikan keuntungan ekonomis. Ditinjau dari komposisinya, limbah pelepah sawit mempunyai potensi yang cukup besar untuk diolah lebih lanjut. Limbah padat sawit berupa pelepah sawit mengandung Selulosa- (34,89%), Hemiselulosa (27,14%), dan Lignin (19,87%) [Padil dan Yelmida, 2009].

Kadar selulosa- pada limbah pelepah sawit sangat potensial untuk diolah menjadi turunan produk selulosa selanjutnya. Untuk aplikasi lebih luas, selulosa dapat diturunkan menjadi beberapa produk, antara lain *microcrystalline cellulose*, *carboxymethyl cellulose*, *methyl cellulose* dan *hydroxypropyl methyl cellulose*.

Produk-produk tersebut dimanfaatkan antara lain sebagai bahan anti gumpal, emulsifier, stabilizer, dispersing agent, pengental, dan sebagai gelling agent [Coffey dkk, 2006]. Selain itu, selulosa dengan kemurnian di atas 92% dapat digunakan untuk memproduksi nitroselulosa sebagai bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak [Tarmansyah, 2007].

Menurut Zulfieni [2011], proses hidrolisis dan delignifikasi pelepah sawit dapat menghasilkan selulosa- dengan kadar yang lebih tinggi, yaitu sebesar 86,12 %. Tetapi, untuk menghasilkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen >12 % diperlukan selulosa- dengan kadar >92% [Padil dan Yelmida, 2009].

Tjahjono et al [2006] melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *xylanase* dari *Aspergillus pullulans* pada perlakuan awal sebelum pemutihan. Kondisi perlakuan *xylanase* adalah konsistensi pulp 10%, temperatur 50°C, pH 6, waktu reaksi 60 menit dan dosis penambahan *xylanase* adalah 3 ml enzim. Kecerahan *pulp* yang didapat 83,10%.

Herryawan [2013], menggunakan bahan kimia pemutih (*bleaching agent*) H₂O₂ untuk pemurnian selulosa- hasil hidrolisis dari pelepah sawit dengan kadar mencapai 95,11%. Pemurnian (*bleaching*) menggunakan bahan kimia sering menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Maka dari itu, diperlukan metode alternatif yang ramah lingkungan untuk mengatasi masalah ini, salah satunya adalah dengan mengembangkan proses *bleaching* menggunakan enzim *xylanase*. Proses pemurnian lebih lanjut dilakukan untuk menghasilkan kadar selulosa dengan kadar >92% sekaligus dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta membantu pengurangan bilangan kappa dan meningkatkan kandungan selulosa.

Pada penelitian ini untuk mengatasi penggunaan bahan kimia pada proses pemurnian, maka peneliti menggunakan enzim *xylanase* dari jamur *Trichoderma* sp untuk pemurnian selulosa- dengan harapan dapat meningkatkan kemurnian selulosa- hasil dari hidrolisis pelepah sawit >92% dengan variasi volume enzim *xylanase* yang ditambahkan dan waktu reaksi proses pemurnian.

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah memperoleh kondisi penambahan volume enzim *xylanase* dan waktu reaksi yang terbaik pada proses pemurnian selulosa- pelepah sawit sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa.

2. Metodologi

Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pelepah sawit, ekstrak abu tandan kosong sawit (TKS), enzim *xylanase*, buffer pH 5 (*Acetate Buffer*), *aquadest*, asam asetat (CH₃COOH) 0,1 N, asam sulfat (H₂SO₄) 98%, asam sulfat (H₂SO₄) 72%, heksan (C₆H₆), sodium hidroksida (NaOH) 17,5%, kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) 0,5N, indikator ferroin (C₁₂H₈N₂)₃FeSO₄, dan ferrous ammonium sulfat (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂6H₂O) 0,1N.

Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain labu didih, *hot plate magnetic stirrer*, *heating mantle*, kondensor, *thermohaake*, termometer, gelas kimia, labu *erlenmeyer*, oven, timbangan analitik, *waterbath*, pH meter, batang pengaduk, corong kaca, desikator, kertas saring *whatman*, *aluminium foil*, soklet, pompa vakum, dan cawan petri.

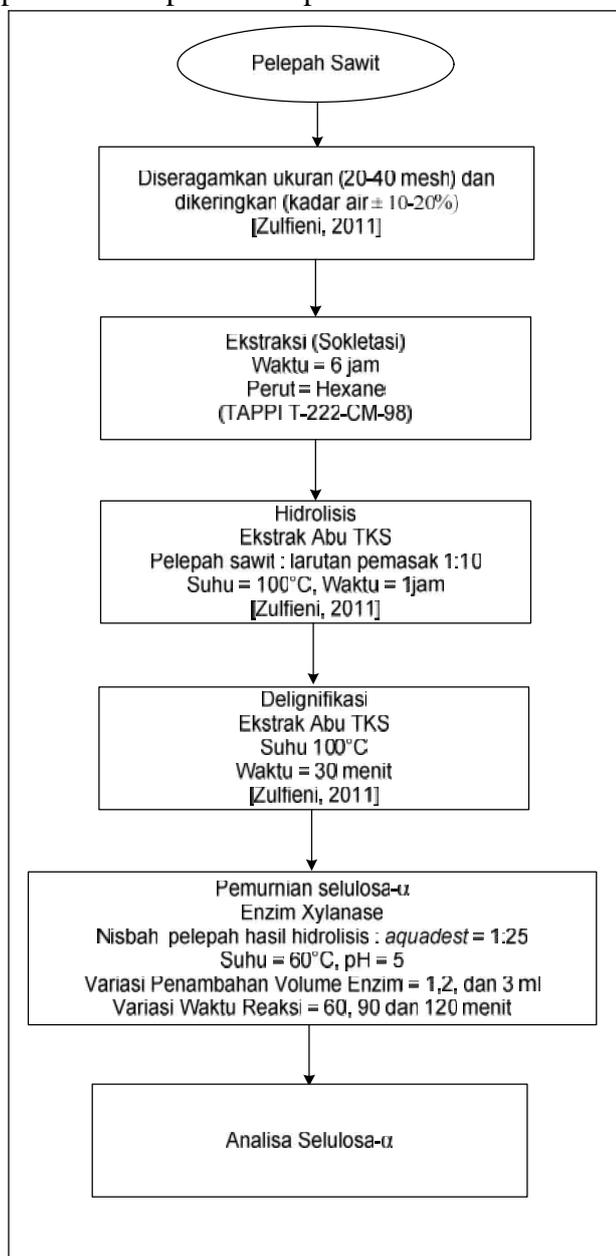
Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua proses utama yaitu proses hidrolisis pelepah sawit dan proses pemurnian terhadap hasil hidrolisis pelepah sawit. Proses hidrolisis terdiri dari dua tahap, yaitu prehidrolisa dan delignifikasi (*cooking*). Variabel proses pada prehidrolisa dan delignifikasi merupakan variabel tetap, yaitu ukuran partikel 20-40 mesh, suhu hidrolisa dan

delignifikasi 100°C, waktu hidrolisa 1 jam, waktu delignifikasi 30 menit, nisbah padatan-larutan hidrolisa 1:10, dan nisbah padatan-larutan delignifikasi 1:5 [Zulfieni, 2011]. Pada proses pemurnian variabel tetapnya yaitu suhu 60°C, nisbah padatan-larutan 1:25, dan pH pemurnian 5. Sedangkan variabel bebasnya adalah penambahan volume enzim *xylanase* pada proses pemurnian (1, 2, 3 ml), dan waktu pemurnian (60, 90, 120 menit).

Prosedur Penelitian

Tahap - tahap penelitian terdiri dari preparasi bahan baku, analisa bahan baku, proses nitrasi dan analisa hasil. Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap-tahap penelitian Penyiapan Larutan Ekstrak Abu Tandan Kosong Sawit (TKS)

Larutan pemasak yang digunakan untuk pemurnian tahap awal dari pelepah sawit adalah ekstrak abu TKS. Abu TKS didapat dari hasil pembakaran tandan kosong sawit dalam *incenerator* pada pabrik CPO. Untuk memperoleh larutan pemasak dilakukan beberapa tahapan. Pada tahap awal abu TKS disaring menggunakan saringan berukuran 40 mesh. Abu yang tersaring kemudian ditambahkan air dengan perbandingan massa abu dan air 1 : 4. Larutan diaduk selama 15 menit, selanjutnya didiamkan selama 48 jam hingga semua abu terendapkan. Larutan hasil ekstrak diperoleh dengan memisahkan endapan abu dari larutan menggunakan kertas saring *whatman*, kemudian larutan tersebut disiapkan sebagai larutan pemasak [Asri, 2010]. Proses pembuatan larutan ekstrak abu TKS akan menghasilkan larutan ekstrak abu TKS dengan pH 12,5.

Persiapan dan Analisa Bahan Baku

Selulosa diperoleh dari pelepah sawit. Pelepah sawit dibersihkan dari lidi dan daunnya, kemudian dihaluskan menjadi ukuran yang lebih kecil yaitu 20-40 mesh. Selanjutnya dilakukan analisa komponen kimia pelepah sawit. Analisis komponen kimia bahan baku bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam bahan baku, yang terdiri dari kadar air (SNI 08-7070-2005) dapat dilihat pada Lampiran A.1, kadar ekstraktif (TAPPI T 222 cm-98) dapat dilihat pada Lampiran A.2, kadar selulosa- (SNI 0444-2009) dapat dilihat pada Lampiran A.3, dan kadar lignin (SNI 0492-2008) dapat dilihat pada Lampiran A.4 [Zulfieni, 2011].

Analisa Kadar Ekstraktif Secara Sokletasi

Sokletasi merupakan salah satu jenis proses ekstraksi dengan menggunakan pelarut. Proses sokletasi ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat ekstraktif pada pelepah sawit. Pelepah sawit yang telah diseragamkan ukurannya (20-40 mesh) dan dikeringkan menggunakan oven kemudian diekstraksi

dengan metode sokletasi menggunakan pelarut heksan. Prosedur sokletasi ini dilakukan berdasarkan TAPPI-222 CM-98.

Hidrolisis

Proses prehidrolisis pelepah sawit bertujuan untuk melemahkan ikatan hemiselulosa dan lignin yang terdapat pada pelepah sawit. merupakan tahap pertama dalam pemasakan. Pada prehidrolisis diharapkan komponen hemiselulosa akan terurai lebih dahulu. Kondisi prehidrolisis pada temperatur maksimum 100°C, rasio bahan baku terhadap larutan pemasak ekstrak abu TKS 1:10 dan waktu pemasakan 1 jam. Setelah proses prehidrolisis, filtrat dikeluarkan dan dilanjutkan dengan proses delignifikasi [Zulfieni, 2011].

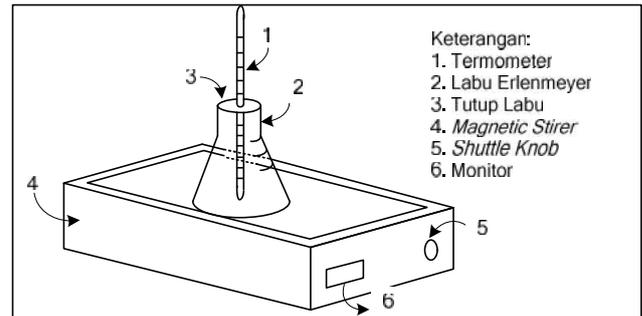
Delignifikasi

Delignifikasi/cooking pelepah sawit bertujuan untuk memecah komponen lignin. Proses delignifikasi/cooking dilakukan setelah proses prehidrolisis. Hasil delignifikasi/cooking disaring dan dicuci dengan air panas untuk menghilangkan lindi hitam yang merupakan komponen lignin yang terurai ditambahkan dengan larutan pemasak ekstrak abu TKS yang baru dengan nisbah padatan larutan 1:5, kondisi hidrolisis pada temperatur 100°C dan waktu 30 menit. Selanjutnya residu dicuci hingga pH netral [Zulfieni, 2011].

Pemurnian dengan Enzim Xylanase

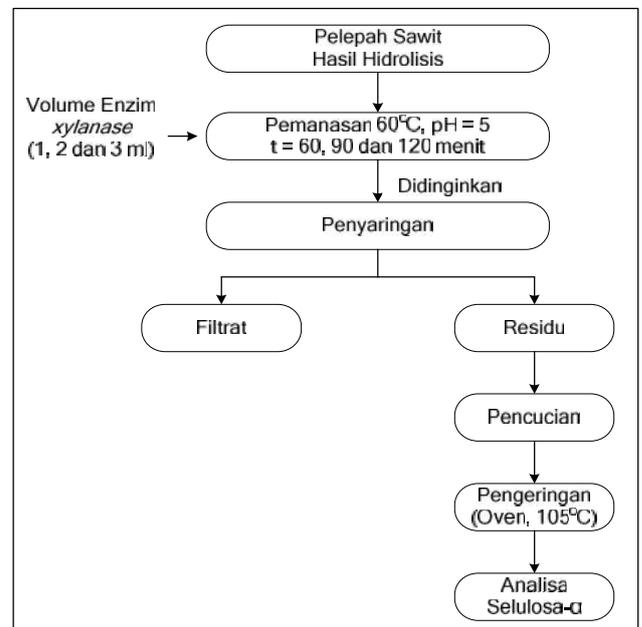
Sampel hasil hidrolisis sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam labu *erlenmeyer* 100 mL, dan ditambahkan 125 mL aquadest. Kemudian dilakukan pengaturan pH sampel dengan penambahan CH₃COOH 0,1 M sebanyak 3 - 4ml untuk mencapai pH 5 dan diukur pH nya menggunakan pH meter. Setelah tercapai pH 5 ditambahkan 3 - 4 tetes *buffer* pH 5 (*buffer* asetat). Sampel dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 60 °C dan variasi penambahan volume enzim (1 ml, 2 ml, 3 ml) dan variasi waktu (60 menit, 90 menit, 120 menit). Sebelum proses pemurnian dilakukan, terlebih dahulu pH dari pelepah hasil hidrolisis yang telah di cuci menggunakan *aquadest* diukur menggunakan pH meter. Selanjutnya ditambahkan CH₃COOH 0,1 N ± 4 tetes dengan tujuan untuk

menurunkan pH mencapai pH kondisi operasi yaitu pH 5. Setelah tercapai pH 5, kemudian ditambahkan *buffer* asetat 3 – 4 tetes dengan tujuan untuk mempertahankan pH selama proses pemurnian berlangsung. Setelah proses pemurnian, sampel didinginkan dan disaring. Residunya dicuci sampai pH sama dengan air pencuci dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Rangkaian alat pemurnian menggunakan alat *hot plate magnetic stirer* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Peralatan Pemurnian

Block diagram dari proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dengan variasi waktu reaksi dan penambahan volume enzim dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Pemurnian Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis

Analisa Selulosa-

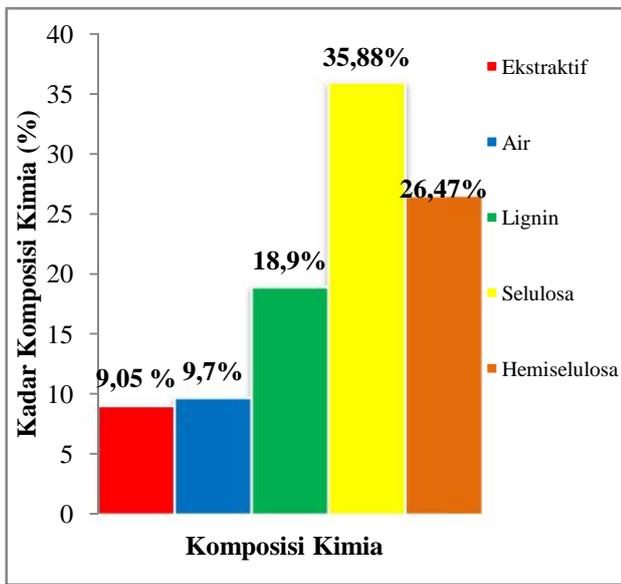
Setelah melalui proses sokletasi, hidrolisis, delignifikasi serta pemurnian dengan enzim *xylanase*, kemudian dilakukan analisa selulosa-

untuk mengetahui kadar selulosa- pada limbah pelepah sawit. Prosedur analisa kadar selulosa- dilakukan berdasarkan SNI 0444-2-2009.

3. Hasil dan Pembahasan

Komposisi Kimia Bahan Baku Pelepah Sawit

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah pelepah sawit yang didapat dari perkebunan sawit Faperta Universitas Riau. Pada penelitian ini, mula-mula dilakukan analisa komposisi kimia pelepah sawit sebelum dihidrolisis dan dilakukan pemurnian menggunakan enzim *xylanase*. Analisa dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi kimia bahan baku yang digunakan. Analisa selulosa- dilakukan dengan metode SNI 0444-2-2009, analisa kadar lignin dengan metode SNI 0492-2008, analisa kadar ekstraktif dilakukan dengan metode TAPPI-222-CM-98 di Laboratorium Dasar Teknik, Teknik Kimia Universitas Riau. Hasil analisa menunjukkan bahwa pelepah sawit memiliki komposisi seperti ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Komposisi Kimia Pelepah Sawit

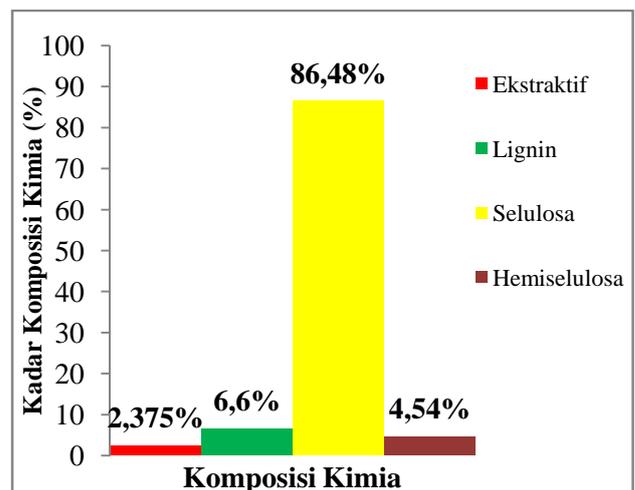
Gambar 4 memperlihatkan bahwa komposisi yang paling besar dari pelepah sawit adalah selulosa- (35,88%), sehingga pelepah sawit berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesa produk-produk bernilai ekonomi tinggi, seperti *Microcrystalline cellulose*, *carboxymethylcellulose*, *methylcellulose*, *hydroxypropylmethylcellulose*, dan

nitrocellulose [Coffey dkk, 2006]. Di samping selulosa, pelepah sawit juga tersusun atas hemiselulosa (26,47%), lignin (18,9%), ekstraktif (9,05%) dan air (9,7%). Tarmansyah (2007) melakukan pemurnian serat rami melalui proses hidrolisis dan *bleaching* dan mendapatkan kemurnian selulosa- yaitu 94,06% - 98,16%.

Untuk pemanfaatan produk-produk turunan selulosa di antaranya nitroselulosa sebagai bahan baku propelan, komponen selulosa dalam bahan bakunya harus di atas 92%, sehingga pada penelitian ini dilakukan pemurnian terlebih dahulu sebelum pelepah sawit dapat dimanfaatkan lebih lanjut yang bernilai ekonomi tinggi. Salah satu cara pemurnian yang dapat dilakukan yaitu proses hidrolisis dan pemurnian menggunakan enzim *xylanase*.

Komposisi Kimia Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis

Bahan baku pelepah sawit setelah dilakukan proses pengeringan dan penyeragaman ukuran, dilakukan proses hidrolisis dengan menggunakan larutan ekstrak abu TKS, kemudian sampel hasil hidrolisis dianalisa komposisi kimianya. Komposisi kimia pelepah sawit hasil hidrolisis ditampilkan pada Gambar 5.

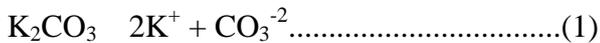


Gambar 5. Komposisi Kimia Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis

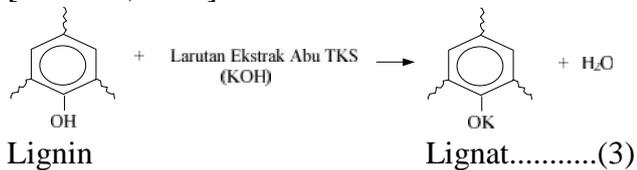
Gambar 5 memperlihatkan bahwa pelepah sawit hasil hidrolisis mengandung selulosa- sebesar 86,48%, tidak jauh berbeda dengan yang didapatkan oleh Zulfieni [2011], yaitu 86,12%. Peningkatan kadar selulosa- terjadi karena

adanya reaksi delignifikasi oleh KOH yang terdapat dalam larutan ekstrak abu TKS terhadap gugus fenol dari struktur lignin.

Abu TKS memiliki Kadar Kalium (K), Silika (SiO₂) dan Karbonat (CO₃) yang tinggi dibandingkan dengan unsur atau senyawa lainnya yang ada didalam abu TKS [Hosokawa *et al.* 1989]. Kadar kalium dalam abu TKS adalah sekitar 25,68%. Kalium yang terdapat dalam larutan ekstrak abu TKS dapat dijadikan pengganti NaOH, sumber alkali yang umumnya digunakan dalam proses delignifikasi diindustri pulp dan kertas. Kalium mempunyai sifat yang mirip dengan natrium diantaranya sangat reaktif terutama dalam air dan merupakan basa kuat. Kalium dan karbonat dalam abu TKS larut dalam air membentuk K⁺ dan CO₃⁻² seperti terlihat dalam Persamaan 4.1. Ion karbonat bersifat reaktif sehingga akan mengikat ion H⁺ yang ada didalam air dan membentuk HCO⁻³ (Persamaan 4.2). Sedangkan ion kalium bersifat reaktif sehingga di dalam air berikatan dengan ion OH⁻ membentuk KOH, sehingga larutan abu TKS bersifat basa dengan pH > 7. Pada penelitian ini pH larutan ekstrak abu TKS diperoleh adalah 12,5.



Kalium hidroksida (KOH) yang terbentuk dalam larutan ekstrak abu TKS akan bereaksi dengan komponen pelepah sawit pada saat hidrolisis berlangsung. Reaksi pelepah sawit dengan ekstrak abu TKS adalah reaksi delignifikasi dengan KOH (Persamaan3) [Achmad, 1986].



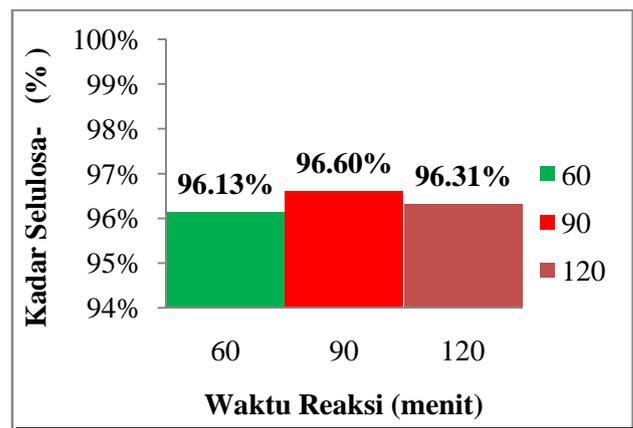
Gugus fenol lignin bersifat sebagai asam, sebagai ion H⁺ dapat digantikan oleh ion K⁺ yang terdapat dalam larutan ekstrak abu TKS, melalui reaksi asam basa membentuk garam lignat. Garam lignat larut dalam larutan ekstrak abu TKS sehingga komponen selulosa terbebas dari lignin.

Di samping selulosa- , pelepah sawit hasil hidrolisis masih mengandung lignin (6,6%), hemiselulosa (4,54%), dan ekstraktif (2,38%). Berdasarkan data yang telah didapat terjadi penurunan komposisi dari komponen lignin, hemiselulosa dan ekstraktif dan peningkatan komposisi komponen selulosa- , namun jumlah yang terdapat pada pelepah hasil hidrolisis masih tetap.

Untuk mendapatkan kadar selulosa- yang lebih tinggi dapat dilakukan pemurnian lanjutan, salah satunya, yaitu dengan proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase*. Proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dilakukan dengan harapan dapat dihasilkan selulosa dengan kadar di atas 92%, karena selulosa dengan kadar tinggi (>92%) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama pembuatan nitroselulosa.

Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Kemurnian Selulosa-

Proses pemurnian dilakukan dengan bantuan enzim *xylanase*, dengan variasi waktu reaksi yaitu 60, 90 dan 120 menit, serta variabel tetap suhu pemurnian 60°C, nisbah padatan-larutan 1:25, volume enzim 3 ml, serta pH pemurnian 5. Data hasil analisa komposisi kimia pelepah sawit hasil dari proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dengan variasi waktu reaksi ditampilkan Gambar 6.

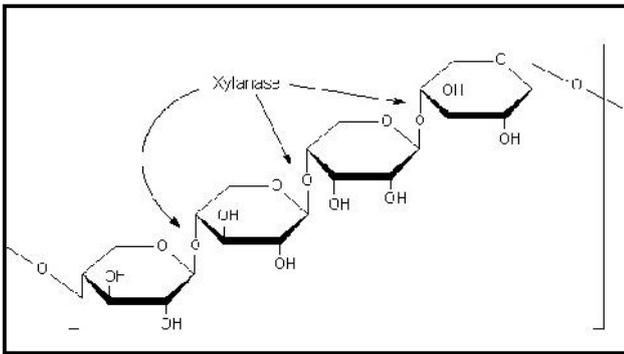


Gambar 6. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Kadar Selulosa-

Gambar 6 menunjukkan bahwa variasi waktu reaksi memberikan pengaruh terhadap komposisi hasil pemurnian. Pada waktu reaksi 60 menit hingga 90 menit, terjadi peningkatan

Untuk suatu konsentrasi enzim, tingkat reaksi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat sampai satu titik jenuh. Hal ini disebabkan karena enzim telah jenuh oleh substrat dan enzim tidak dapat berfungsi lebih cepat

Berdasarkan teori mekanisme enzim yaitu teori kunci dan gembok (*Lock and Key Fisher hypothesis*) dan teori kecocokan induksi (*induce fit Koshland hypothesis*) dimana enzim tidak akan berebut substrat yang lain selama proses pemurnian berlangsung. Enzim bekerja dengan mengikat substratnya membentuk kompleks enzim substrat yang selanjutnya membentuk produk dan enzim. Reaksi pemutusan rantai xilan oleh enzim *xylanase* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mekanisme Pemutusan Rantai Xilan oleh Enzim *Xylanase*

Seperti ditunjukkan pada Gambar 8, *xylanase* dalam proses pemurnian bekerja dengan memecahkan ikatan *xylose-xylose* dalam rantai xilan sehingga mengakibatkan pecahnya ikatan antara sisa lignin dengan karbohidrat. Degradasi xilan akan menghasilkan produk monomer gula D-xilosa dengan 5 atom karbon. Eksoxilanase mampu memutuskan rantai polimer *xylose* (xilan) pada ujung reduksi, sehingga menghasilkan *xylose* sebagai produk utama dan sejumlah oligosakarida rantai pendek. Endoxilanase mampu memutuskan ikatan 1-4 pada bagian dalam rantai xilan secara teratur. Ikatan yang terputus ditentukan berdasarkan panjang rantai substrat, derajat percabangan, ada atau tidaknya gugus substitusi dan pola pemutusan dari enzim *xylanase* tersebut.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Kondisi operasi terbaik pada proses pemurnian pelepah sawit hasil hidrolisis dengan enzim *xylanase* adalah waktu reaksi selama 90 menit dan penambahan volume enzim sebanyak 3 ml
2. Komponen selulosa- yang dihasilkan mencapai 96,60

Saran

Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan proses nitrasi untuk mendapatkan nitroselulosa karena hasil dari pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dengan variasi waktu reaksi selama 90 menit dan penambahan volume enzim sebanyak 3 ml telah menghasilkan kemurnian selulosa- diatas 92%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Padil, ST.,MT selaku pembimbing 1 serta Ibu Dra. Yelmida, M.Si selaku pembimbing 2, orang tua, rekan-rekan penelitian Dita Permata Sari, R, Fani Miranda, Erikson Saragih, Febri Harianto dan Adisty Caesari serta teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2009 yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Achmad., S.A, 1987. Kimia Bahan Organik. Universitas Terbuka
- Asri., S, 2010, Research into *Pemurnian Selulosa Alfa batang Sawit Menggunakan Ekstrak Abu TKS*, Skripsi, Universitas Riau.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, 2011, *Luas Perkebunan Sawit Provinsi Riau*, <http://riau.bps.go.id/publikasi-online/riau-dalam-angka-2010/perkebunan.html>, 7 Februari 2013
- Coffey, D.G., Bell, D.A., & Henderson, A. 2006. *Food Polysaccharides and Their Applications, Cellulose and Cellulose Derivatives*. 2nd Edition. CRC Press, Boca Raton, 147-179.
- Herryawan. 2013. *Proses Bleaching Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis Sebagai Bahan Baku Nitroselulosa dengan Variasi Suhu dan Waktu Reaksi*. Laboratorium Kimia

Organik Jurusan Teknik Kimia
Universitas Riau; Pekanbaru.

- Lehniger, A.L., 1982. *Principles of Biochemistry* Jilid I. Terjemahan Thenewidjaja, M. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Litbang Deptan, 2010, *Pengolahan Pelepah Kelapa Sawit menjadi Pakan*, http://lolitkambing.litbang.deptan.go.id/in_d/images/stories/pdf/pakan_komplit_pelepah_sawit.pdf, 2 Agustus 2012
- Padildan Yelmida, 2009, *Produksi Nitro Selulosa Sebagai Bahan Baku Propelan yang Berbasis Limbah Padat Sawit*, Laporan Penelitian Hibah Penelitian Stranas Batch II, Universitas Riau.
- Tarmansyah, U.S., 2007, *Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa*, Puslitbang Indhan Balitbang Dephan, Jakarta Selatan.
- Tjahjono, Judi. 2006, *Pengaruh Xilanase pada Perlakuan Awal Pemutihan terhadap Kualitas Pulp*, Berita Selulosa, Vol. 43 (2), hal. 62-68, 3:139-145.
- Zulfieni, W.Y., 2011. *Research into Hidrolisis Pelepah Sawit Untuk Memurnikan Selulosa- Menggunakan Larutan Pemasak dari Ekstrak Abu TKS*, Skripsi, Universitas Riau.