

# **BIODLEACHING PELEPAH SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN NITROSELULOSA MENGGUNAKAN ENZIM XYLANASE**

**Medonna Febrina Putri, Dita Permata Sari, Adisty Caesari, Gilda Miranda**

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : medonnafebrinaputri@gmail.com

diyt\_1712@yahoo.com

acaesari91@gmail.com

gildamirandaamris@gmail.com

## **Abstract**

*Palm midrib is a waste which produced from palm plantations and contained of 35% cellulose- $\alpha$ . Cellulose- $\alpha$  can be used as raw material for nitrocellulose if the purity is more than 92%. To improve the purity of cellulose- $\alpha$ , palm midrib have to go through some process of purification. Most of purification agent of cellulose- $\alpha$  is chemicals using, which it will give a bad impact to environment. Xylanase is a group of enzymes that have the ability to hydrolyze hemicellulose and damage xilose bonds as a constituent of xylan in the hemicellulose. The purpose of this research is to utilize an agent xylanase enzyme purification of cellulose- $\alpha$  and produce nitrocellulose from palm midrib. Before purification, palm midrib is extracted to eliminate the extractive substances then hydrolyzed with extract the extract solution ash of palm empty fruit bunches. The condition of purification process is 50 °C, 60 °C and 70 °C temperature variations, volume 1, 2 and 3 ml enzyme, pH at 4, 5 and 6 as well as the time for 60, 90 and 120 minutes. From this research, the highest purity cellulose- $\alpha$  obtained at pH 6, temperature of 60 °C, the enzyme 3 ml volume and time for 90 which reached 97.55%.*

**Keywords:** Cellulose Alpha, Nitrocellulose, Palm Midrib, Xylanase Enzyme

## **1. PENDAHULUAN**

Pertumbuhan industri sawit di Indonesia saat ini telah menunjukkan perkembangan yang sangat cepat. Pada tahun 2010, produksi CPO (*Crude Palm Oil*) Indonesia mengalami pertumbuhan sebesar 5,7% dari 21 juta ton menjadi 22,20 juta ton. Dari perkebunan sawit, dalam satu tahun akan dihasilkan 6,3 ton pelepah sawit per hektar [Litbang Deptan, 2010].

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. Akan tetapi, limbah pelepah sawit hanya dimanfaatkan menjadi pakan ternak dan pupuk kompos. Analisa kimia terhadap pelepah sawit menunjukkan bahwa terdapat komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang memperlihatkan bahwa pelepah sawit berpeluang untuk diolah lebih lanjut

menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai ekonomis.

Padil [2009] melaporkan komposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin pelepah sawit secara berturut-turut ; 34,89%, 27,14%, dan 19,87%. Kandungan selulosa tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan nitroselulosa. Zulfieni [2011] melakukan hidrolisis pelepah sawit untuk memurnikan selulosa dengan menggunakan larutan pemasak dari ekstrak abu TKS (Tandan Kosong Sawit) dan kadar selulosa yang diperoleh yaitu 86,12%. Hasil tersebut belum dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa. Kadar selulosa yang harus dicapai agar dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan nitroselulosa adalah lebih dari 92%. Untuk mencapai kemurnian tinggi maka dilakukan proses *bleaching*. Diharapkan dari proses *bleaching*, komponen selulosa yang terdapat di dalam pelepah sawit akan semakin murni dan dapat diolah menjadi nitroselulosa.

Pemucatan (*bleaching*) merupakan suatu tahap proses pemurnian untuk menghilangkan zat-zat warna yang tidak disukai dalam suatu bahan dan meningkatkan kemurnian dari suatu bahan. Proses *bleaching* terdiri dari tiga yaitu *bleaching* secara fisika, *bleaching* secara kimia dan *bleaching* secara biologi. *Bleaching* yang paling banyak digunakan dalam industri yaitu *bleaching* secara kimia. Proses *bleaching* dengan menggunakan senyawa kimia seperti klorin mendapat sorotan khususnya dari organisasi peduli lingkungan karena limbah yang dihasilkan sangat berbahaya bagi lingkungan [Bajpai, 1999]. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang ramah lingkungan untuk mengatasi problem ini, salah satunya adalah dengan mengembangkan proses *bleaching* menggunakan enzim *xylanase*.

Enzim *xylanase* diketahui memiliki kemampuan untuk memurnikan komponen selulosa yang terdapat di dalam lignoselulosa karena *xylanase* merupakan kelompok enzim yang memiliki kemampuan menghidrolisis hemiselulosa [Tsuji et al., 1992]. Pemakaian enzim dalam industri tentu akan memberikan dampak lingkungan yang lebih baik, sehingga proses *bleaching* selulosa menggunakan enzim *xylanase* ini akan memberikan kemurnian selulosa yang lebih tinggi sekaligus menjawab permasalahan lingkungan yang dihadapi ketika melakukan *bleaching* menggunakan zat kimia seperti selama ini.

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah memperoleh kadar selulosa- $\alpha$  lebih dari 92% melalui proses *bleaching* dengan menggunakan enzim *xylanase*, memperoleh kondisi optimum proses *bleaching* pada pelepah sawit dengan menggunakan enzim *xylanase* sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa serta memberikan nilai tambah pada enzim *xylanase*.

## 2. METODE

### Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain labu didih, *heating*

*mantle*, kondensor, *thermoaake*, 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.

### 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 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98%, asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 72%, heksan, NaOH 17,5%, kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) 0,5 N, indikator ferroin ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{FeSO}_4$ ), dan ferrous ammonium sulfat ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 0,1 N.

### Prosedur Penelitian

Tahap - tahap penelitian terdiri dari preparasi bahan baku, analisa bahan baku, proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dan analisa hasil.

### Persiapan dan Analisa Bahan Baku

Selulosa diperoleh dari pelepah sawit. Pelepah sawit dibersihkan dari lidi dan daunnya, kemudian dihaluskan menjadi ukuran yang lebih kecil. Bahan baku dikeringkan sampai kadar air sisa  $\pm 10\%$ . Kemudian 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), kadar selulosa -  $\alpha$  (SNI 0444-2009), hemiselulosa (SNI 01-1561-1989), dan kadar lignin (SNI 0492-2008).

### Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap pertama dalam pemasakan. Hidrolisis bertujuan untuk mempercepat penghilangan pentosan (hemiselulosa) dalam bahan baku pada waktu pemasakan. Kondisi hidrolisis pada suhu maksimum  $100^\circ\text{C}$ , rasio bahan baku terhadap larutan pemasak ekstrak abu tandan kosong sawit (TKS) 1:10 dan waktu

pemasakan 1 jam. Setelah proses hidrolisis, filtrat dikeluarkan dan dilanjutkan dengan proses delignifikasi.

### Delignifikasi

Delignifikasi pelepah sawit bertujuan untuk mendapatkan selulosa yang memiliki kadar lignin rendah. Proses delignifikasi dilakukan setelah proses hidrolisis. Hasil hidrolisis disaring dan dicuci dengan air panas untuk menghilangkan lindi hitam. Residu ditambahkan dengan larutan pemasak ekstrak abu tandan kosong sawit (TKS) yang baru dengan nisbah padatan larutan 1:5, kondisi delignifikasi pada suhu 100°C dan waktu 30 menit. Selanjutnya residu dicuci hingga pH netral.

### Proses Pemurnian dengan Enzim

#### *Xylanase*

Sampel hasil hidrolisis sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam labu *erlenmeyer* 100 mL, dan ditambahkan 125 mL *aquadest*. Kemudian dilakukan variasi pH (pH 4, 5, 6), variasi suhu (50°C, 60°C, 70°C), variasi volume enzim (1 ml, 2 ml, 3 ml) dan variasi waktu (60 menit, 90 menit, 120 menit). Setelah proses pemurnian, sampel didinginkan dan disaring. Residunya dicuci sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C.

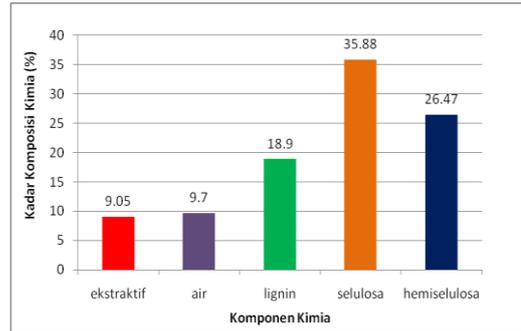
#### Analisa Hasil Pemurnian

Setelah proses pemurnian selesai, dilakukan analisa kadar ekstraktif (TAPPI T 222 cm-98), kadar lignin (SNI 0492-2008), dan kadar selulosa- $\alpha$  (SNI 0444-2009).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Komponen Kimia Pelepah Sawit

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

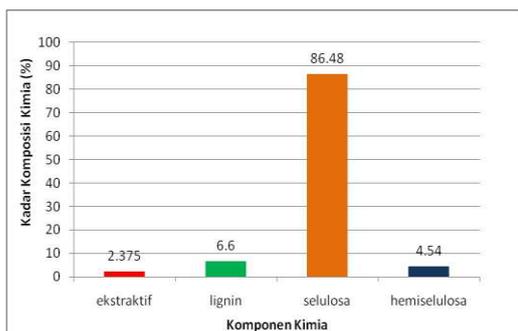


**Gambar 2** Komposisi Kimia Pelepah Sawit

Gambar 2 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. Di samping selulosa, pelepah sawit tersusun atas hemiselulosa (26,47%), lignin (18,9%), ekstraktif (9,05%) dan air (9,7%). Menurut Tarmansyah [2007], untuk pemanfaatan produk-produk turunan selulosa di antaranya nitroselulosa sebagai bahan baku propelan, komponen selulosa dalam bahan bakunya harus di atas 92%, sehingga harus dilakukan pemurnian terlebih dahulu sebelum pelepah sawit dapat dimanfaatkan lebih lanjut. Salah satu caranya yaitu dengan melakukan proses hidrolisis dan pemurnian menggunakan enzim *xylanase*.

### Komposisi Kimia Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis

Bahan baku pelepah sawit setelah dilakukan proses pengeringan, pengecilan dan penyeragaman ukuran menjadi 20-40 mesh [Zulfieni, 2011]. Adapun pengecilan dan penyeragaman ukuran ini untuk meningkatkan luas permukaan serta meningkatkan kelarutan dalam air. Laju reaksi meningkat seiring dengan waktu terhadap ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel memberikan waktu pemasakan yang semakin cepat. Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis dengan menggunakan larutan ekstrak abu TKS yang memiliki pH larutan 12,5, kemudian sampel hasil hidrolisis dianalisa komposisi kimianya. Komposisi kimia pelepah sawit hasil hidrolisis ditampilkan pada Gambar 3.

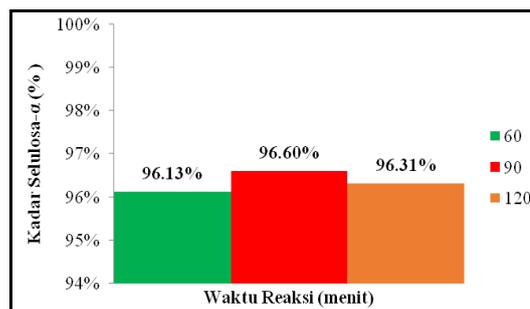


**Gambar 3.** Komposisi Kimia Pelelepah Sawit Hasil Hidrolisis

Gambar 3 memperlihatkan bahwa pelelepah sawit hasil hidrolisis mengandung selulosa- $\alpha$  sebesar 86,48%, tidak jauh berbeda dengan yang didapatkan oleh Zulfieni [2011], yaitu 86,12%. Kadar selulosa- $\alpha$  pelelepah sawit hasil hidrolisis yang masih rendah yaitu 86,48% dikarenakan masih mengandung lignin (6,6%), hemiselulosa (4,54%), dan ekstraktif (2,375%), sehingga masih memungkinkan untuk mendapatkan kadar selulosa- $\alpha$  yang lebih tinggi, 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- $\alpha$

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 pelelepah sawit hasil dari proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dengan variasi waktu reaksi ditampilkan pada Gambar 4.



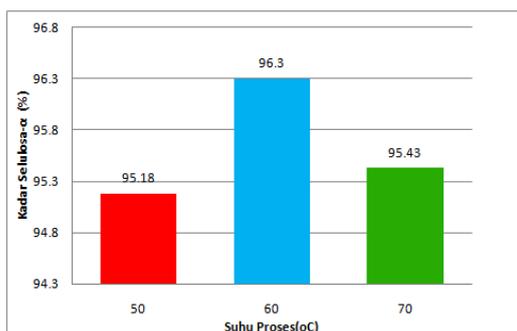
**Gambar4.** Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Kadar Selulosa- $\alpha$

Gambar 4 menunjukkan bahwa variasi waktu reaksi memberikan pengaruh terhadap komposisi hasil pemurnian. Waktu reaksi terhadap proses pemurnian menggunakan enzim *xylanase* akan mempengaruhi besarnya degradasi terhadap ikatan xilan dalam bahan baku. Struktur xilan yang merupakan komponen penyusun hemiselulosa bersifat *amorf* (tidak kristal) sehingga lebih mudah diputuskan (dihidrolisis) oleh enzim *xylanase* [Tolan, 1992].

Namun dari waktu reaksi 90 menit hingga 120 menit, terjadi penurunan kadar selulosa- $\alpha$  dari 96,60% menjadi 96,3%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena waktu reaksi yang lebih lama mengakibatkan rusaknya rantai selulosa seperti terjadi hidrolisis selulosa- $\alpha$  dan membentuk gula sederhana (glukosa).

#### Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Kemurnian Selulosa- $\alpha$

Variasi suhu reaksi dilakukan dari 50 °C, 60 °C, dan 70 °C dengan variabel tetap waktu reaksi 90 menit, nisbah padatan-larutan 1:25, serta pH pemurnian 5. Komposisi kimia pelelepah sawit hasil pemurnian menggunakan enzim *xylanase* dengan variasi suhu reaksi ditampilkan pada Gambar 5.



**Gambar 5** Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Kadar Selulosa- $\alpha$

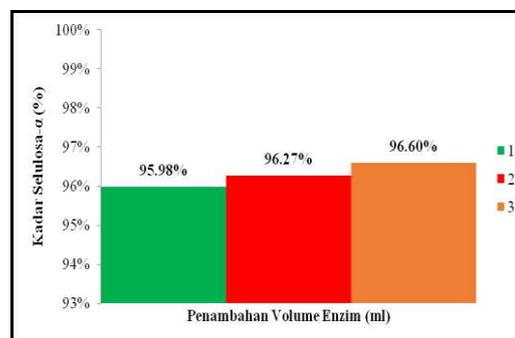
Meningkatnya aktivitas *xylanase* seiring dengan kenaikan suhu dikarenakan pada saat suhu meningkat maka pergerakan dari molekul-molekul juga akan semakin meningkat. Ketika pergerakan dari molekul-molekul enzim meningkat, maka kemungkinan tumbukan yang terjadi juga semakin besar dan produk yang terbentuk juga akan semakin banyak [Jacobsen dkk, 2000].

Namun dari suhu reaksi 60 °C hingga 70 °C, terjadi penurunan kadar selulosa- $\alpha$  dari 96.30% menjadi 95.43%. Hal ini dikarenakan, ketika suhu dari suatu sistem meningkat, maka energi internal dari molekul-molekul dalam sistem juga meningkat. Sebagian dari panas yang ada akan diubah menjadi energi potensial. Apabila energi potensial tersebut cukup besar, maka beberapa ikatan lemah (contohnya ikatan hidrogen) yang menyusun struktur tiga dimensi dari protein akan putus. Hal ini menyebabkan denaturasi protein sehingga sisi aktif dari enzim akan berubah konformasinya yang menyebabkan enzim menjadi inaktif. Enzim merupakan suatu protein, sehingga pada suhu tertentu akan bisa mengalami denaturasi [Jacobsen dkk, 2000].

#### Pengaruh Penambahan Volume Enzim Terhadap Kemurnian Selulosa- $\alpha$

Proses pemurnian dilakukan dengan bantuan enzim *xylanase*, dengan variasi volume enzim yaitu 1, 2, dan 3 ml, serta variabel tetap suhu pemurnian 60°C, waktu reaksi 90 menit, nisbah padatan-larutan 1:25, serta pH pemurnian 5. Data hasil analisa komposisi kimia pelepah sawit hasil dari proses pemurnian menggunakan

enzim *xylanase* dengan variasi penambahan volume enzim ditampilkan pada Gambar 5.4.

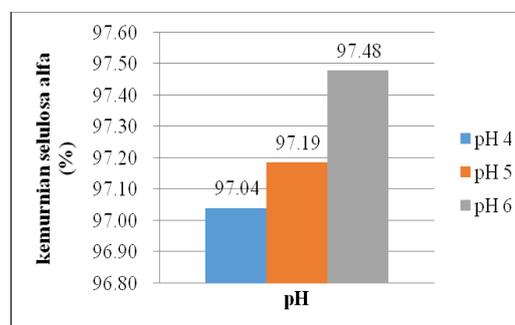


**Gambar 6** Pengaruh Dosis Enzim Terhadap Kadar Selulosa- $\alpha$

Dari Gambar 6 terlihat semakin banyak penambahan volume enzim *xylanase*, maka akan meningkatkan kadar selulosa- $\alpha$ . Variasi volume enzim *xylanase* memberikan pengaruh berupa peningkatan kadar selulosa- $\alpha$  pelepah sawit. Hal ini disebabkan karena semakin besar penambahan volume enzim *xylanase* maka semakin banyak jumlah atau konsentrasi enzim yang bereaksi dengan hemiselulosa menjadi xilosa akibat kerja dari enzim *xylanase* tersebut [Lehninger, 1982].

#### Pengaruh pH Terhadap Proses Pemurnian Selulosa- $\alpha$

Variasi pH dilakukan pada 4,5 dan 6 dengan variabel tetap yaitu waktu pemurnian selama 90 menit, volum enzim 3 ml, nisbah padatan-larutan 1 : 25 dan suhu 60°C. Gambar 5.6 menunjukkan tingkat kemurnian selulosa- $\alpha$  dengan variasi pH kondisi pemurnian.



**Gambar 7** Pengaruh pH Terhadap Kadar Selulosa- $\alpha$

Dari Gambar 5.6 dapat terlihat bahwa kinerja enzim *xylanase* dalam memurnikan selulosa- $\alpha$  mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan pH tetapi tidak dalam jumlah yang signifikan. Kemurnian selulosa- $\alpha$  tertinggi didapatkan pada kondisi pH 6 yaitu, 97,48%. Hal ini membuktikan bahwa enzim *xylanase* bekerja sangat spesifik pada kondisi pH tertentu yaitu 4-6 (Richana, 2002). Pada pH 4 kemurnian selulosa- $\alpha$  mencapai nilai terendah baik oleh enzim yang dihasilkan oleh *Trichoderma sp.* Selanjutnya kemurnian selulosa- $\alpha$  terus mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan pH.

pH optimum adalah pH yang paling tepat bagi suatu reaksi yang menggunakan enzim tertentu untuk menghasilkan produk [Wirahadikusumah, 1989]. Enzim mengalami penurunan aktivitas pada saat pH diatas maupun dibawah pH optimum. pH yang lebih rendah dari pH optimumnya menyebabkan suasana enzim berubah sangat asam (kadar H<sup>+</sup> meningkat), maka terlalu banyak ion-ion H<sup>+</sup> yang akan tertarik pada gugus -NH<sub>2</sub> pada *xylanase* dan membentuk NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. Akibatnya *xylanase* berada dalam keadaan kation. *Xylanase* dalam keadaan ini disebut mengalami protonasi. Selain itu, ion H<sup>+</sup> dari gugus -COOH pada sisi aktif glukosa akan lebih sukar lepas karena lingkungan enzim bersifat sangat asam, sehingga kompleks enzim substrat tidak terbentuk.

Pada pH yang lebih tinggi dari keadaan optimumnya, suasana lingkungan enzim akan menjadi sedikit basa (ada sedikit kadar OH<sup>-</sup>). Ion-ion OH<sup>-</sup> yang mengelilingi enzim *xylanase* tersebut akan berinteraksi dengan daerah-daerah positif yang terdapat di dalam enzim *xylanase* yaitu ion-ion H<sup>+</sup> pada gugus -COOH yang merupakan sisi aktif *xylanase* sehingga mengakibatkan enzim dalam keadaan anion. Enzim *xylanase* dalam keadaan ini mengalami deprotonasi [Esteves, 2004]. Selain itu banyaknya ion OH<sup>-</sup> dalam lingkungan dapat mengganggu reaksi enzimatik karena ion OH<sup>-</sup> dari lingkungan yang akan bereaksi dengan substrat sehingga produk yang diharapkan tidak terbentuk. Peningkatan nilai aktivitas spesifik *xylanase* pada kondisi optimum ini

disebabkan karena konformasi enzim terbentuk sedemikian rupa sehingga sisi aktif dari *xylanase* tepat dan mampu mengadakan kontak dengan substrat. Akibatnya, kompleks enzim-substrat yang terbentuk menjadi maksimal dan produk yang dihasilkan menjadi lebih banyak.

#### 4. KESIMPULAN

1. Enzim *xylanase* dapat digunakan untuk memurnikan selulosa- $\alpha$  dalam pelepah sawit.
2. Kondisi terbaik pada penelitian ini didapat pada suhu 60°C, waktu 90 menit, volum enzim 3 ml dan pH 6 dengan nilai selulosa- $\alpha$  sebesar 97,55%.
3. Nitroselulosa terbentuk ketika selulosa- $\alpha$  hasil pemurnian dengan enzim *xylanase* dinitrasi menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat.

#### 5. REFERENSI

- 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
- Bajpai, P. 1999. *Application of enzymes in the Pulp and Paper Industry*. Biotechnology Progress.15 : 147-157
- Esteves, F. D. L, Ruelle, V, Bresseuer, J. L., Quinting, B, and Frere, J. M, 2004, *Acidophilic Adaption of Family II Endo- $\beta$ -1-4-Xylanases : Modelling and Mutational Analysis*, "Protein Sciences, Cold Spring Harbor Laboratory Press, USA, 13 : 1209-1218.
- Fengel, D. dan Wegener, G., 1995, *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*. Translated from the English by H. Sastroamidjojo, Gajah Mada University Press, Yogyakarta .
- Jacobsen, S.E., Wyman, C.E., 2000. Cellulose and hemicellulose hydrolysis models for application to current and novel pretreatment processes. Appl. Biochem. Biotechnol. 84-86, 81 .

- 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://lolitikambing.litbang.deptan.go.id/ind/images/stories/pdf/pakan\\_komplit\\_pelepah\\_sawit.pdf](http://lolitikambing.litbang.deptan.go.id/ind/images/stories/pdf/pakan_komplit_pelepah_sawit.pdf), 2 Agustus 2012
- Padil dan Yelmida, 2009, *Produksi NitroSelulosa Sebagai Bahan Baku Propelan yang Berbasis Limbah Padat Sawit* ,Laporan Penelitian Hibah Penelitian Stranas Batch II, UniversitasRiau.
- Sjostrom, E., 1995, *Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan*, edisi ke-2, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Tolan, J. S., R. V. Conovas, 1992. The Use of Enzymes to Decrease the Cl2 Requirements in Pulp Bleaching, *Pulp and Paper Canada*, Vol 93 No.5, 39-42.
- Tsujibo, H., K. Miyomoto, T. Kuda, K. Minami, T. Sakamoto, T. Hasegawa, and Y. Ianamori. 1992. *Purification, properties, and partial amino acid sequences of thermostable xylanase from Streptomyces termoviolaceus OPC-520*. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:371-375.
- Wirahadikusuma, M., 1989, *Biokimia Protein, Enzim dan Asam Nukleat*, Penerbit ITB, Bandung 61, 67-69.
- Yang, V.W., Z. Zhuang, G. Elegir, and T.W. Jeffries. 1995. *Alkaline-active xylanase produced by an alkaliphilic Bacillus sp. (VI-4) isolated from kraft pulp*. *J. Industrial Microbiol.* 15:434-441
- Zulfieni, W.Y., 2011. *Hidrolisis Pelepah Sawit Untuk Memurnikan Selulosa- $\alpha$* . Skripsi, Universitas Riau