

# PELEPASAN TINTA PADA KERTAS NCR (NO CARBON REQUIRED) BEKAS DAN KERTAS UANG MENGGUNAKAN XILANASE

<sup>1</sup>Trismilah, <sup>2</sup>Djamil

Bidang Teknologi Biokatalis, Pusat Teknologi Bioindustri, BPPT  
Lab. Teknologi Bioindustri - LAPTIAB, PUSPIPTEK, Serpong, 15314.  
E-mail: trismilah\_m@yahoo.com

## Abstract

*Recycling paper is a solution to overcome the depletion of virgin pulp from trees and reduce the impact of global warming. Deinking paper is very important in the process of recycling paper. Xylanase application of research required for deinking outworn NCR paper and paper money. Deinking enzymatic is a clean technology and produces less waste than conventional deinking (chemicals). Xylanase AQ-1 which is a crude enzyme from Bacillus sp isolates AQ-1 can work well in the deinking process on the amount of enzyme addition of 0.2% in the pulp with the conditions of pH 7 and temperature of 50°C for 120 minutes. While the recombinant xylanase AQ-1 which is the result of genetic xylanase AQ-1 grown in E. coli can work well in the deinking process on the amount of enzyme addition of 0.1% in the pulp with the conditions of pH 7 and temperature of 50°C for 60 minutes. Xylanase AQ-1 increases the degree of whiteness of green NCR paper pulp from the control (40.1) into (53.9) and pulp paper money of the control (50.1) into (66.6). While AQ-1 recombinant xylanase increases the degree of whiteness of green NCR paper pulp from control (40.1) into (52.0) pulp and paper money from the control (50.1) into (63.4). Xylanase AQ-1 and recombinant xylanase AQ-1 potential in the green NCR paper deinking and paper deinking paper money, although the money still leaves some smudges on the results because of a special polymer coating that coats the waterproof paper money proficiency level.*

**Kata kunci** : xilanase AQ-1, xilanase rekombinan AQ-1, *deinking*, derajat *whiteness pulp*

## 1. PENDAHULUAN

Statistik menunjukkan konsumsi kertas per kapita di negara maju dapat diatas 100 kg per tahun, dan di negara berkembang sekitar 30 kg per kapita. Kertas adalah bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari pulp (Bambang Prasetyo, 2007). Dalam satu ton pulp dapat menghabiskan puluhan kg bahan kimia yang setelah dipakai dalam proses harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan, kadang walaupun telah diolah limbah tersebut masih berpotensi untuk mencemari lingkungan. Di negara maju penggunaan klor dalam skala besar telah dilarang karena klor yang terbuang di alam dapat berubah menjadi senyawa dioksin yang dapat menyebabkan kanker (Bambang Prasetyo, 2007). Kertas ini diproduksi melalui 2 tahap yaitu *pulping*

dan *bleaching*. Pada *pulping* (pembuburan kayu) dibutuhkan bahan-bahan kimia seperti NaOH, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> atau dapat juga turunan senyawa sulfat sedangkan untuk proses *bleaching* umumnya menggunakan senyawa klor, hipoklorit dan hidrogen peroksida. Hal inilah yang memelopori dilakukannya daur ulang kertas, disamping keberadaan serat asli yang dirasakan semakin menipis, daur ulang kertas memberikan nilai ekonomis terhadap biaya produksi, memelihara kelestarian hutan dan mengurangi pencemaran lingkungan (Sari Farah Dina dkk., 2003). Beberapa kendala yang sukar dipecahkan dalam daur ulang kertas adalah penghilangan kontaminan-kontaminan khususnya tinta, maka dikenalah proses *deinking* yaitu proses penghilangan partikel tinta dari permukaan serat kertas (Rismijana,2003). Saat ini terdapat 2 jenis

*deinking* yaitu *deinking* konvensional yang menggunakan bahan-bahan kimia dan *deinking*. Sampai saat ini BPPT telah berhasil mengisolasi beberapa xilanase dari mikroba-mikroba yang berada di Tanah Air Indonesia (Shafa Noer dkk., 2010). Karena itu perlu diujikan kemampuan xilanase hasil isolasi ini dalam berbagai bidang, salah satunya adalah *deinking* enzimatik.

Jenis kertas yang akan didaur ulang adalah kertas uang dan kertas NCR (*No Carbon Required*). Kedua jenis kertas ini dipilih karena biaya produksi yang diperlukan untuk membuat kertas ini sangat mahal, sehingga dengan daur ulang diharapkan dapat mengurangi biaya produksi kertas tersebut. Selanjutnya hasil kertas daur ulangnya akan diujikan nilai *whiteness* (derajat putih) kertasnya untuk melihat keefektifan enzim dalam membantu proses pelepasan tinta pada serat. Nilai *whiteness* merupakan salah satu kriteria sifat kertas dan pulp selain daya sobek kertas, daya regang kertas, derajat giling, opasitas, dll. Semakin tinggi nilai *whiteness* kertas dan pulp maka semakin putih kertas yang dihasilkan dan berarti semakin sedikit partikel tinta yang terdapat pada serat kertas. *Deinking* kertas sangat penting dalam proses daur ulang kertas. Tujuan penelitian ini adalah aplikasi xilanase AQ-1 dan xilanase rekombinan AQ-1 untuk *deinking* kertas NCR bekas dan kertas uang bekas sehingga dapat dimanfaatkan kembali setelah melalui proses *deinking*.

## 2. BAHAN DAN METODE

Enzim xilanase diperoleh dari LTB, LAPTIAB, BPPT, yang diproduksi oleh isolat bakteri *Bacillus sp* AQ-1 yang diisolasi dari air Aquarium koleksi LAPTIAB, BPPT dan xilanase rekombinan AQ-1 merupakan hasil rekayasa genetik dari xilanase AQ-1. Sebelum digunakan untuk pelepasan tinta dilakukan pengukuran aktivitas xilanase (Bailey dkk., 1992) : Menurut Bailey, satu unit enzim ialah enzim yang diperlukan untuk mengubah 1  $\mu\text{mol}$  substrat atau menghasilkan 1  $\mu\text{mol}$  produk dalam waktu 1 menit, dalam suhu dan pH yang telah ditentukan. Pengukuran aktivitas digunakan spektrofotometer dengan absorbansi =  $\lambda$  540 nm.

**Persiapan pulp** : Kertas sampel yaitu kertas NCR hijau bekas dan kertas uang, dipotong-potong kecil. Menimbang kertas sampel (kertas uang / kertas NCR bekas) 4 gram kemudian direndam dengan 100ml air sehingga konsistensi pulp 4 % kemudian dibiarkan selama 1-2 jam. Hasil rendaman kemudian di blender hingga kertas terurai menjadi pulpnya.

**Pengaruh Penambahan xilanase terhadap proses *deinking*** : Pengkondisian pulp dengan inkubasi pada suhu 50°C dan pH 7. Kemudian

ditambahkan xilanase dengan variasi konsentrasi 0 $\mu\text{l}$ , 50 $\mu\text{l}$ , 100 $\mu\text{l}$ , dan 200 $\mu\text{l}$ . Dibiarkan bereaksi pada suhu 50°C dan pH 7 selama 60 menit. Selama proses *deinking*, pulp harus dijaga kondisi suhu dan pHnya agar kerja enzim untuk mendegradasi serat dan melemahkan ikatan antar serat-tinta stabil berjalan dan pulp terus distirrer untuk menimbulkan gesekan antar serat-serat (*swelling*) yang membantu pelepasan partikel tinta. Setelah proses *deinking* dengan xilanase selesai pulp didinginkan pada suhu 5°C untuk mendeaktivasi xilanase. Kemudian pulp ditambahkan NaOH 2% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2%, untuk alkaline ekstraksi dan flotasi. Dilanjutkan dengan pemisahan dan penyaringan pulp dari tinta. Pulp yang telah disaring, dialiri aquades hingga  $\pm$  2 liter Pulp kemudian dicetak dan dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C. Hasil pulp di amati secara visual kemudian dikondisikan untuk pengukuran *whiteness* meter

**Pengaruh suhu reaksi enzim terhadap proses *deinking*** : Pengkondisian pulp dengan inkubasi pada pH 7 dan variasi suhu 40°, 50°, 60° C. Kemudian ditambahkan xilanase dengan konsentrasi hasil optimasi langkah 2. Dibiarkan bereaksi selama 60 menit. Pulp kemudian didinginkan untuk deaktivasi xilanase. Pulp dikondisikan pada suhu 70°C dan ditambahkan NaOH 2% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2%, untuk alkaline ekstraksi dan flotasi. Dilanjutkan dengan pemisahan dan penyaringan pulp dari tinta. Pulp yang telah disaring, dialiri aquades hingga  $\pm$  2 liter. Pulp kemudian dicetak dan dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C. Hasil pulp di amati secara visual kemudian dikondisikan untuk pengukuran *whiteness* meter

**Pengaruh waktu reaksi terhadap proses *deinking*** : Pengkondisian pulp dengan inkubasi pada pH 7 dan suhu hasil optimasi langkah 3. Kemudian ditambahkan xilanase dengan konsentrasi hasil optimasi langkah 2. Dibiarkan bereaksi selama variasi waktu 60, 90 dan 120 menit. Pulp kemudian didinginkan untuk deaktivasi xilanase. Pulp lalu ditambahkan NaOH dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, untuk alkaline ekstraksi dan flotasi. Dilanjutkan dengan pemisahan dan penyaringan pulp dari tinta. Pulp yang telah disaring, dialiri aquades hingga  $\pm$  2 liter. Pulp kemudian dicetak dan dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C. Hasil pulp di amati secara visual kemudian dikondisikan untuk pengukuran *whiteness* meter, untuk menentukan nilai brightness pada kertas.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedua enzim yang digunakan harus diketahui terlebih dahulu aktivitasnya karena berkaitan dengan kerja enzim selama reaksi. Pengujian

aktivitas xilanase menggunakan metode Bailey diperoleh xilanase AQ-1 = 179.871 u/ml, dan xilanase rekombinan AQ-1 = 216.663 u/ml. Dari hasil tersebut terlihat bahwa aktivitas xilanase rekombinan lebih besar dibandingkan dengan xilanase AQ-1. Hal ini dikarenakan xilanase AQ-1 merupakan enzim *crude* dari isolat bakteri sehingga enzim belum murni merupakan xilanase, masih terdapat campuran enzim lain dalam jumlah sedikit. Sedangkan xilanase rekombinan AQ-1 merupakan enzim hasil rekayasa genetik sehingga xilanase lebih murni dan menghasilkan aktivitas yang lebih besar.

Kertas NCR hijau lebih mudah dijadikan pulp karena tidak jauh berbeda dengan kertas biasa, sehingga air mudah terserap kedalam serat dan memudahkan fibrilasi (pengembangan serat).



**Gambar 1 :**  
Perendaman  
Sampel  
Kertas Uang



**Gambar 2 :**  
Pulp sampel  
kertas NCR  
hijau



**Gambar 3 :**  
Deinking Kertas  
NCR Hijau

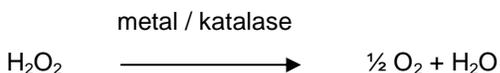
Sedangkan pada kertas uang proses blender harus dilakukan lebih lama, hal ini dikarenakan adanya lapisan polimer khusus anti air yang terdapat pada kertas uang.

Pada proses pemisahan tinta dari pulp melalui ekstraksi dan flotasi, partikel tinta dalam pulp akan terpisah secara kimia. NaOH dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> akan bereaksi membentuk ion perhydroxy anion (Lukman dan Gunawan, 2005).

pH 10 – 11.5



Perhydroxy anion ini akan menghilangkan warna tinta yang telah terlepas. Disamping itu keberadaan NaOH akan menyebabkan pH pulp menjadi antara 9-10 yang menyebabkan swelling semakin sering terjadi. pH dan suhu tidak boleh diatas pH 12 dan suhu 80°C, karena akan menyebabkan kertas menjadi rapuh karena rusaknya ikatan serat.



Sebagian H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> akan terdekomposisi menjadi O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dengan kemungkinan keberadaan metal dalam pulp. Gas O<sub>2</sub> yang terbentuk mengangkat partikel tinta yang besar ke bagian atas wadah sehingga terpisah dari pulp.

### Pengaruh banyaknya penambahan xilanase terhadap proses *deinking*

Pada tahap ini dilihat pengaruh jumlah enzim yang ditambahkan ke pulp terhadap hasil *deinkingnya*. Konsentrasi enzim yang diberikan berpengaruh terhadap laju reaksi yang dikatalisis oleh enzim tersebut, dimana laju meningkat secara linear dengan bertambahnya konsentrasi enzim selama konsentrasi enzim jauh lebih sedikit daripada substrat (Page, 1989).

Variasi yang ditambahkan adalah 50µl, 100µl, 200µl dan kontrol tanpa enzim. Jumlah µl yang ditambahkan berkaitan dengan jumlah unit yang ditambahkan pada pulp. Seperti pada xilanase AQ-1 memiliki aktivitas 179.871 u/ml. Berarti setiap 1 ml menghasilkan 179.871 unit dan apabila 100 µl menghasilkan 17.9871 unit. Reaksinya dilakukan pada pH 7 dan suhu 50° C

Pada Gambar 4, terlihat bahwa dengan penambahan xilanase mempengaruhi hasil bila dibandingkan dengan kontrol. Hal ini membuktikan bahwa pemberian xilanase dapat menghilangkan tinta pada kertas NCR bekas dengan melihat nilai *whiteness*. Dari pengamatan visual dapat diamati pada kontrol warna pulp yang dihasilkan lebih gelap ( kebiru-biruan ) yang berasal dari tinta sedangkan yang telah ditambahkan enzim warna pulp kembali menjadi warna awal sebelum diberikan tinta. Hal ini juga terlihat dari nilai *whiteness* kontrol sebesar 40.1 dan dengan penambahan xilanase meningkat hingga 47.9.

Semakin banyak unit yang ditambahkan maka nilai *whiteness* pulp hasil juga semakin meningkat hingga nilai 47.9 pada penambahan 200µl atau 35.974 unit. Dimana dari hasil pengamatan visual semakin banyak enzim yang ditambahkan semakin cerah warna pulp yang dihasilkan. Penambahan xilanase AQ-1 memberikan peningkatan nilai *whiteness* hasil dari kontrol (tanpa enzim) dengan nilai 53.1, meningkat hingga 63.9 pada penambahan 200µl atau 34.2942 unit aktivitas. Hal ini dikarenakan laju reaksi enzimatik semakin meningkat dengan semakin banyaknya enzim yang ditambahkan pada pulp. Banyaknya jumlah enzim berkaitan dengan jumlah sisi aktif enzim yang semakin meningkat sehingga proses degradasi serat yang mengikat tinta lebih cepat dan jumlah tinta yang mungkin masih tertinggal pada serat semakin sedikit. Namun perlu diingat mekanisme kerja enzim pada pulp belum teridentifikasi ( Pala dkk., 2005). Ini berarti kerja

enzim bersifat random, dimana sisi aktif xilanase tidak hanya menyerang serat yang terikat tinta saja namun juga menyerang serat-serat lain. Hal tersebut berpengaruh pada berkurangnya kekuatan serat pada pulp, jika kerja enzim terlampau cepat maka semua serat pada pulp akan terdegradasi dan kekuatan serat akhirnya menjadi lemah dan tidak dapat lagi menjadi kertas.

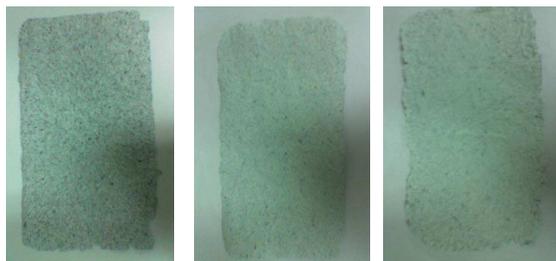
Pengaruh penambahan xilanase rekombinan AQ-1 pada kertas NCR Hijau bekas dapat meningkatkan nilai *whiteness* yaitu dari kontrol yaitu 40.1 hingga 49.6 pada penambahan 100µl atau 21.6663 unit. Begitu pula pada penambahan xilanase rekombinan pada kertas uang meningkat dari kontrol yaitu 50.1 hingga 58.8 pada penambahan 100µl atau 21.6663 unit. Dapat disimpulkan bahwa pada penambahan 100µl xilanase rekombinan AQ-1 memberikan hasil optimum pada proses *deinking*.



(a) (b) (c)

**Gambar 4 :** Hasil *Deinking* pada Sampel Kertas NCR Hijau Bekas; (a) Kontrol ( Tanpa Enzim ) ; (b) dengan Xilanase AQ-1 (c) dengan Xilanase rekombinan AQ-1

Pada sampel kertas NCR proses *deinking* berjalan dengan baik yaitu warna lembaran *pulp* yang semula kotor (kebiru-biruan) oleh tinta kembali ke warna dasar kertas NCR hijau setelah mengalami *deinking* dengan xilanase seperti terlihat pada Gambar 4. Sedangkan pada sampel kertas uang hasil *deinkingnya* masih menyisakan beberapa partikel tinta pada pulp hasil (Gambar 5).

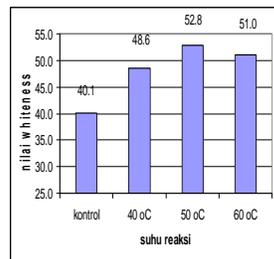


(a) (b) (c)

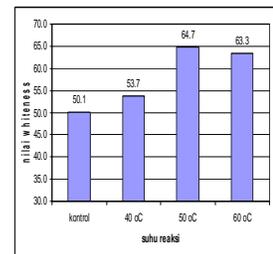
**Gambar 5:** Hasil *Deinking* pada Sampel Kertas Uang; (a) Kontrol ( Tanpa Enzim ) ; (b) dengan Xilanase AQ-1 ; (c) dengan Xilanase rekombinan AQ-1

Hal tersebut dikarenakan lapisan polimer khusus anti air yang melapisi kertas uang masih belum hancur seluruhnya walaupun telah melewati proses pulping, sehingga kerja xilanase sedikit terhalang oleh lapisan tersebut.

Dari Gambar 6 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa suhu mempengaruhi hasil *deinking* xilanase. Pada suhu optimum enzim 50°C menghasilkan nilai *whiteness* yang lebih baik ( 52.8 ) dibandingkan pada suhu 40°C ( 48.6 ) dan suhu 60°C ( 51.0 ). Begitu pula pada sampel kertas uang, pada suhu 50°C menghasilkan nilai *whiteness* 64.7 sedangkan pada suhu 40°C ( 53.7 ) dan suhu 60°C ( 63.3 ). Hal tersebut menandakan bahwa aktivitas xilanase yang optimal akan menghasilkan proses *deinking* yang optimal juga, dapat dilihat nilai *whiteness* kontrol dengan *whiteness* pada suhu 40°C tidak berbeda jauh yaitu 53.1 dan 53.7. Ini diakibatkan aktivitas enzim terlalu lemah yang berpengaruh pada berkurangnya kemampuan enzim untuk mendegradasikan serat pulp yang terlekat oleh tinta. Lemahnya proses *deinking* menyebabkan tinta tidak terlepas bahkan memungkinkan terjadinya redoposisi ( pelekatan kembali ) tinta yang telah lepas (Pala dkk., 2005).



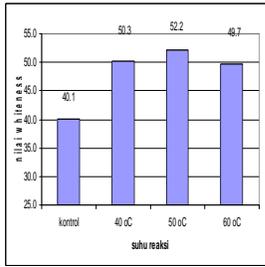
**Gambar 6.** Pengaruh Suhu Reaksi Xilanase AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas NCR hijau



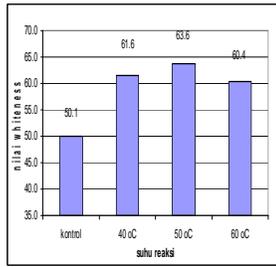
**Gambar 7.** Pengaruh Suhu Reaksi Xilanase AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas uang

Hasil pengaruh suhu untuk xilanase rekombinan AQ-1 dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 . Hasil terbaik diperoleh pada suhu 50°C yang merupakan suhu optimum enzim. Dimana pada sampel kertas NCR, nilai *whiteness* suhu 50°C (52.2) sedangkan suhu 40°C ( 50.3 ) dan 60°C ( 49.7 ). Dan untuk sampel kertas uang suhu 50°C ( 63.6 ) sedangkan suhu 40°C ( 61.6 ) dan 60°C (60.4). Ini menandakan bahwa proses *deinking* berjalan baik pada suhu optimum enzim yang digunakan. Setiap enzim memiliki suhu optimum, yaitu suhu dimana aktivitas kerja enzim tersebut maksimal, laju reaksi meningkat dengan kenaikan suhu, namun pada akhirnya enzim akan kehilangan semua aktivitasnya jika protein

penyusunnya rusak akibat suhu yang terlalu panas (Page, 1989).

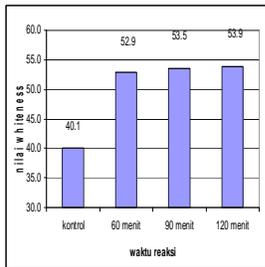


**Gambar 8.** Pengaruh Suhu Reaksi Xilanase Rekombinan AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas NCR hijau

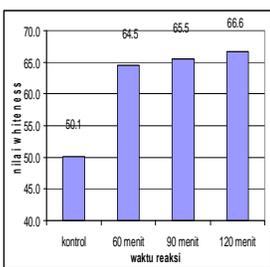


**Gambar 9.** Pengaruh Suhu Reaksi Xilanase Rekombinan AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas uang

**Pengaruh waktu reaksi xilanase terhadap proses *deinking*.** Pada tahap ini, diamati pengaruh lamanya proses *deinking* terhadap hasil pulpnya. Variasi waktu yang digunakan adalah 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.



**Gambar 10.** Pengaruh waktu Reaksi Xilanase AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas NCR hijau



**Gambar 11.** Pengaruh waktu Reaksi Xilanase AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas Uang

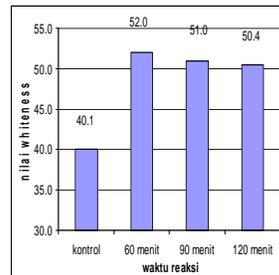
Dari Gambar 10 dan Gambar 11 terlihat terjadinya peningkatan nilai *whiteness*. Hal ini dikarenakan proses hidrolisis serat terjadi lebih lama sehingga partikel tinta lebih banyak yang lepas, namun jika proses hidrolisis terlalu lama maka sebagian besar serat akan terdegradasi yang menyebabkan kekuatan serat semakin berkurang. Hal tersebut dapat dilihat dengan berkurangnya indeks tarik kertas NCR hijau hasil dari 3.21 N.m/g (kontrol) menjadi 3.07 N.m/g (*deinking* 120 menit dengan xilanase AQ-1), dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat pula peningkatan nilai *whiteness* untuk sampel kertas NCR hijau kurang signifikan jika dibandingkan dengan peningkatan nilai *whiteness* sampel kertas uang. Ini dikarenakan terjadinya redoposisi partikel tinta karena proses pengadukan

pada proses *deinking* terlalu lama (Pala dkk., 2005).

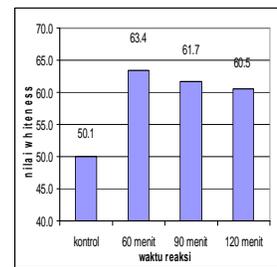
**Tabel 3.** Hasil Uji Lembaran pulp dari kertas NCR dan kertas uang, kontrol, ditambah xilanase AQ-1 dan xilanase AQ1 rekombinan

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		
			Kontrol NCR	Xyn rekombinan	Xyn AQ-1
1	Gramatur	g/m <sup>2</sup>	120.9 ± 8.4	123.9 ± 10.5	125.6 ± 9.4
2	Indeks Tarik	N m/g	3.21	3.01	3.07
			Kontrol Kertas Uang	Xyn rekombinan	Xyn AQ-1
1	Gramatur	g/m <sup>2</sup>	157.7 ± 13.7	130.1 ± 18.2	136.5 ± 18.2
2	Indeks Tarik	N m/g	Tidak Terukur	Tidak Terukur	Tidak Terukur

Hasil pengaruh lamanya proses *deinking* untuk xilanase rekombinan AQ-1 dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 dibawah ini;



**Gambar 12.** Pengaruh waktu Reaksi Xilanase Rekombinan AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas NCR hijau



**Gambar 13.** Pengaruh waktu Reaksi Xilanase Rekombinan AQ-1 terhadap Proses *Deinking* pada Sampel Kertas Uang

Dari Gambar 12 dan Gambar 13 dapat dilihat bahwa untuk xilanase rekombinan nilai *whiteness* menurun dengan bertambahnya waktu reaksi. Untuk sampel kertas NCR hijau dari 52.0 (60 menit) menjadi 50.4 (120 menit) dan untuk sampel kertas uang dari 63.4 (60 menit) menjadi 60.5 (120 menit). Hal ini dikarenakan stabilitas xilanase rekombinan berkurang dengan bertambahnya waktu, terutama pada waktu 120 menit. Berkurangnya stabilitas enzim ini menyebabkan aktivitas xilanase semakin berkurang dengan bertambahnya waktu, yang kemudian mengurangi kemampuan enzim untuk mendegradasi serat dan melepaskan partikel tinta. Disamping itu terjadinya

proses redoposisi (pelekatan kembali) tinta yang seharusnya dapat diminimalisasi dengan kerja xilanase justru terjadi dominan karena proses pengadukan yang terlalu lama (Pala dkk., 2005). Sehingga tinta melekat kembali pada serat dan nilai *whiteness* nya berkurang.

#### 4. KESIMPULAN

Xilanase AQ-1 dan xilanase rekombinan AQ-1 berpotensi dalam proses *deinking*. Untuk sampel kertas NCR hijau xilanase AQ-1 memberikan hasil lebih baik daripada xilanase rekombinan. *Deinking* untuk kertas uang masih belum maksimal dikarenakan lapisan polimer anti air yang sulit didegradasi pada proses pulping.

Xilanase AQ-1 memberikan hasil yang baik pada penambahan 0,2 % pada pulp kertas NCR ( *No Carbon Required*) dan pulp kertas uang dengan kondisi pH 7, suhu reaksi 50°C selama 120 menit. Xilanase rekombinan AQ-1 memberikan hasil yang baik pada penambahan 0,1 % pada pulp pada pulp kertas NCR ( *No Carbon Required*) dan pulp kertas uang dan kondisi pH 7, suhu reaksi 50°C selama 60 menit.

#### DAFTAR PUSTAKA.

A.Richard, Venditi. 2004. A Simple Flotation De-inking Experiment for the Recycling of Paper. Department of Wood and Paper Science North Carolina State University.

Agustine, W. 2005. Penentuan Kondisi Optimum Pertumbuhan dan Produksi Xilanase Isolat AQ. Bogor : Departemen Biologi FMIPA IPB.

Bailey, M.J. , P. Biely dan Poutanen. 1992. Interlaboratory testing of methods for assay of xylanase activity. Journal of Biotechnology.

Dina F.S, dkk. 2003. Aplikasi Enzim pada *Deinking* Koran Bekas . Balai Besar Litbang Industri Selulosa.

Hakim L., Widodo G., 2005. Aplikasi dan Penentuan Suhu Optimum Xilanase pada Proses *Deinking* Recycle Paper. Surabaya : Fakultas Teknik Universitas WR. Supratman

Kenealy. W.R, Jeffries T.W. 2003. Enzyme Processes for Pulp and Paper : A Review of Recent Developments. Institute for Microbial and Biochemical Technology, U.S

Kusumastuti, E. 2008. Pengaruh Penambahan Ion Logam pada Media fermentasi dari Aktivitas Xilanase yang dihasilkan oleh *Bacillus* sp AQ-1. Depok : Program Pasca Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Noer S., Yulneriwarni, Trismilah. 2010. Characterization of Alkalothermophilic Xylanase Producing Bacteria Isolated from Rokan Hulu, Riau. Proceeding CIEB 2010, Enzyme Technology for Eco-Friendly Industry : 37-46, ISBN 978-979-98404-9-3.

Page. D.S. 1989. Prinsip-prinsip Biokimia. Jakarta : Erlangga

Pala H., Mota M., Gama F.M., 2005. Factors influencing MOW *deinking* : Laboratory scale studies. Journal of Biotechnology 38 (2006)

Prasetya B., 2007 "Dibalik Secarik Kertas". Biotrends Vol 2 No 1. Cibinong : Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI

Rahayu, P. 2008. Purifikasi Xilanase dari *Bacillus* swp. AQ-1 dengan Kromatografi Kolom. Depok : Program Pasca Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Richana. N. 2002. Produksi dan Prospek Xilanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia. Buletin AgroBio 5(1):29-36

Rismijana. J, Indriani I.N, Pitriyani. T. 2003. Penggunaan Enzim selulase-Hemiselulase pada Proses *Deinking* Kertas Koran. Bandung : Balai Besar Litbang Industri Selulosa

Verma. Piyush. 2006. "Role of Microbial Enzymes in Pulp and Paper Processing". Enzyme World Sept-Oct, '06 Issue (10-12). Enzyme Technologies LTD.

Vijayakumar. C. 1997. Design of De-inking Process for Recycling Mixed Waste Paper