

APLIKASI α -AMILASE DAN SELULASE PADA PROSES DEINKING KERTAS BEKAS CAMPURAN

Sonny Kurnia Wirawan*, Jenni Rismijana dan Taufan Hidayat

* staf Peneliti pada Balai Penelitian Pulp dan Kertas

APPLICATION OF α -AMYLASE AND CELLULASE ON THE DEINKING OF MIXED WASTE PAPER PROCESS

ABSTRACT

Bio-deinking as one of the alternatives has many advantages if compared with conventional deinking method. It might reduce time of pulping, the chemical consumption, the environmental pollution and keep better quality of paper produced. In this experiment there were two kinds of commercial enzyme, that is α -amylase with variety levels 0.25%-0.5%, acted in degradating of starch layer originated from surface sizing. And cellulase with variety levels 0.5%-2%, that will degrade the ink on surface of fiber. The results showed that the use of α -amylase and cellulase for deinking of mixed waste paper could increase the brightness, as well as the strength of sheet that produce and decrease of the dirt count.

Keyword: mixed waste paper, enzyme, deinking

INTISARI

Bio-deinking sebagai salah satu alternatif dalam proses penghilangan tinta pada kertas bekas memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan metode deinking konvensional. Diantaranya mengurangi waktu pulping, mengurangi konsumsi bahan kimia, mengurangi polusi lingkungan dan menjaga hasil kualitas kertas yang lebih baik. Pada percobaan ini digunakan dua jenis enzim komersial yaitu α -amilase dengan variasi penggunaan 0.25%-0.5%, yang akan bertindak sebagai pendegradasi terhadap lapisan pati yang terdapat pada bahan pendarih permukaan. Dan selulase dengan variasi penggunaan 0.5%-2% yang akan mendegradasi permukaan serat yang terkena tinta.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan α -amilase dan selulase untuk deinking pada kertas bekas campuran dapat meningkatkan derajat putih, menurunkan jumlah noda dan meningkatkan kekuatan lembaran yang dihasilkan

Kata kunci : kertas bekas campuran, enzim, deinking

PENDAHULUAN

Berkurangnya sumber bahan baku industri pulp dan kertas yang berasal dari sumber serat alam (virgin pulp) serta maraknya isu pemanasan global akibat berkurangnya luas hutan sebagai paru-paru dunia, telah mendorong industri pulp dan kertas untuk mencari sumber bahan baku non-kayu atau yang lebih dikenal dengan serat sekunder. Serat sekunder telah menjadi bahan baku yang sangat penting untuk industri pulp dan kertas. Selain karena harganya yang lebih

murah, juga dapat membantu menjaga kelestarian hutan, mengurangi polusi lingkungan serta mengurangi penggunaan air dan energi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh EPA diperoleh fakta berupa penghematan energi sebesar 4100 kWh jika dilakukan daur ulang terhadap 1 ton Kertas bekas 100%. Hal ini setara dengan tenaga yang dibutuhkan oleh sebuah rumah selama 6 bulan dan penghematan terhadap 7000 galon air. Selain itu dengan pendaur ulangan kertas bekas ini dapat menyelamatkan 17 batang pohon dan menghemat 3.3 yard kubik lahan untuk landfill (www.conservatree.com).

Dewasa ini kertas bekas campuran yang berasal dari kertas koran bekas, majalah, kertas perkantoran, maupun kertas-kertas kemasan semakin menjadi primadona sebagai sumber serat sekunder. Kertas bekas campuran ini harus mengalami penghilangan berbagai kontaminan sebelum menjalani proses pembuatan kertas. Salah satu kontaminan yang sukar untuk dihilangkan ialah tinta. Terdapat berbagai jenis tinta dalam kertas bekas campuran mulai dari tinta cetak berbahan dasar air (water based), berbahan dasar minyak (oil based) sampai dengan tinta toner yang dicetak dengan teknik non impact, seperti tinta pada kertas fotocopi dan printer laser. Jenis tinta yang terakhir ini merupakan jenis yang paling sulit untuk dipisahkan dari serat, karena tinta tersebut masuk ke dalam permukaan serat.

Pada proses deinking konvensional terdapat berbagai kelemahan, diantaranya adalah penggunaan bahan kimia seperti NaOH, Nasilikat, peroksida dan *chelating agent* yang dapat mengakibatkan beban pengolahan limbah yang tinggi dan berkurangnya sifat fisik lembaran. Biodeinking sebagai salah satu alternatif memiliki berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan deinking konvensional, diantaranya mengurangi waktu pulping, mengurangi konsumsi bahan kimia, mengurangi polusi lingkungan dan menjaga hasil kualitas kertas yang lebih baik.

Efektivitas biodeinking pada pengolahan kertas bekas dengan penggunaan xylanase dan selulase-hemiselulase sebagai enzim telah diteliti sebelumnya oleh *Rismijana (2002)*, (2006). Dengan menggunakan bahan baku berupa kertas koran bekas dan kertas bekas campuran, yang berasal dari kertas bekas perkantoran, duplex dan *old magazine paper* (OMP).

Pada percobaan ini digunakan dua jenis enzim komersial yaitu α -amilase dan selulase, peran α -amilase untuk mendegradasi lapisan pati yang ada pada permukaan kertas sedangkan selulase akan mendegradasi permukaan serat yang akan memutuskan ikatan antara serat dengan tinta. Penggunaan kedua enzim tersebut secara berurutan diharapkan dapat mengoptimalkan proses bio-deinking pada kertas bekas campuran, dan pulp yang dihasilkan

dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.

TINJAUAN PUSTAKA

Deinking konvensional

Proses deinking pertama kali diperkenalkan pada industri kertas daur ulang pada tahun 1800-an (www.conservatree.com). Proses deinking konvensional terdiri dari tahapan proses flotasi dan pencucian untuk menghilangkan tinta dan kontaminan dari suspensi pulp (*Chabot, 1998*). Pada tahapan proses flotasi memiliki tiga sub tahapan yang meliputi : pemisahan partikel tinta dari permukaan serat, efektifitas gaya adhesi dari partikel tinta terhadap permukaan gelembung udara, dan penghilangan partikel tinta dari sel flotasi. Pada proses deinking konvensional ini dilakukan penambahan bahan kimia untuk membantu pelepasan tinta dari serat, seperti natrium hidroksida, natrium silikat, dan hidrogen peroksida (*Zhao, 2004*).

Akan tetapi menurut *Chabot (1998)* proses flotasi konvensional ini tidak efektif untuk deinking tinta-tinta flexografi. Hal ini dikarenakan dalam suasana basa tinta tersebut akan terdispersi dalam fase air membentuk partikel hidrofilik berukuran mikro (<1 mikron), yang dapat mengakibatkan afinitas dari partikel tinta untuk terdispersi dalam gelembung udara menjadi kecil, dan efektifitas flotasi menjadi rendah. Sebaliknya tinta flexografi yang sulit dihilangkan dengan flotasi dapat dengan mudah dihilangkan dengan proses pencucian. Akan tetapi kebutuhan air yang sangat banyak serta perlunya penyaringan terhadap filtrat yang dihasilkan sebelum diolah kembali mengakibatkan proses ini kurang ekonomis.

Biodeinking

Penggunaan enzim pada industri pulp dan kertas bukanlah hal yang baru, hal tersebut telah diterapkan dalam bio-pulping untuk mengurangi energi yang dibutuhkan dalam penggilingan (refining) pulp, bio-bleaching untuk mendapatkan pulp yang lebih putih tapi lebih ramah lingkungan (bebas klorin), maupun dalam biodeinking untuk mengoptimalkan pelepasan partikel tinta tanpa merusak serat. Menurut *Pratima (1998)* penggunaan biodeinking dapat memberikan

berbagai keuntungan dalam hal waktu pulping, konsumsi bahan kimia dan rendahnya polutan yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Putz H.J., dkk (1994) perlakuan enzimatik menggunakan selulase, xylanase, protease pektinase dan lipase tidak akan meningkatkan pelepasan partikel tinta dari serat, sehingga perlu adanya proses pencucian untuk penghilangan tinta dari suspensi serat. Mekanisme reaksi enzim yang terjadi pada proses biodeinking telah diteliti oleh banyak peneliti, diantaranya:

1. Enzim dapat meningkatkan hidrolisis dan depolimerisasi selulosa antar serat, sehingga terjadi pemisahan satu sama lain. (Kim, dkk., 1991)
2. Enzim dapat memperlemah ikatan-ikatan antar serat dengan cara meningkatkan fibrilasi, sehingga partikel-partikel tinta dapat terlepas dari permukaan serat. (Eom, dkk., 1990)
3. Enzim dapat berdampak secara tidak langsung dengan cara menghilangkan mikrofibril dan serat-serat halus (*finer*) sehingga akan menaikkan *freener* dan meningkatkan kinerja pencucian dan flotasi. (Jeffries, dkk, 1995)

Prinsip dari biodeinking adalah proses degradasi permukaan serat yang mengandung tinta, sehingga terjadi pengelupasan permukaan serat yang mengakibatkan mudah lepasnya partikel tinta pada proses flotasi dan pencucian. Reaksi enzim ini harus dikendalikan karena selain mendegradasi permukaan serat juga akan merusak permukaan serat panjang dan mengakibatkan kehilangan *finer*. Menurut Rismijana (2006), jika efek pengelupasan ini dapat dikendalikan maka enzim hanya akan memindahkan beberapa elemen kecil yang mempunyai afinitas yang lebih besar terhadap air, tetapi kecil kontribusinya terhadap ikatan hidrogen serat.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan baku yang digunakan terdiri dari *old magazine paper* (OMP) 20%, tabloid 10%,

ledger 40 %, *short white ledger* (SWL) 10%, *coated duplex* 15%, dan *duplex* 5%. Untuk bio-deinking digunakan α -amilase komersial dengan dosis 0.25%-0.5% (terhadap berat kering serat) dan selulase komersial dengan dosis 0.5%-2% (terhadap berat kering serat) Sedangkan untuk metode konvensional digunakan NaOH, Na₂SiO₃, H₂O₂. Selain itu digunakan pula Dietilen triamin penta acetic acid (DTPA) sebagai *chelating agent* dan kolektor untuk proses flotasi.

Metoda

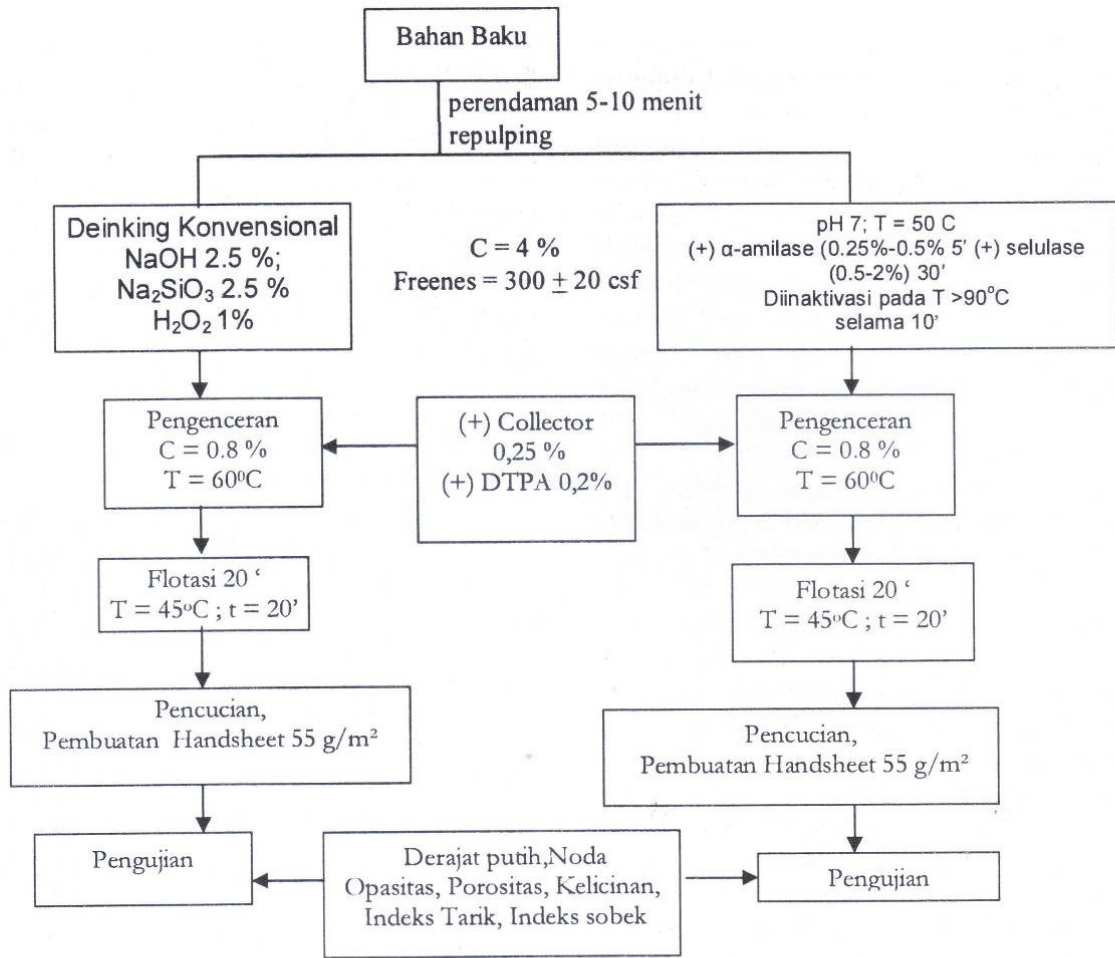
Deinking konvensional

Bahan baku kertas bekas campuran direndam selama 5-10 menit, kemudian ditambahkan NaOH 2,5 %, Na₂SiO₃ 2,5 % dan H₂O₂ 1 % (persen terhadap berat kering serat), *direpulping* dalam hidrapulper pada konsistensi 4% hingga mencapai derajat kebebasan 300 ± 20 csf.

Stok diencerkan sampai konsistensi 0.8% dan dipanaskan hingga mencapai suhu 60 °C kemudian ditambahkan kolektor sebanyak 0.25% dan DTPA 0.2% terhadap berat kering serat, dilanjutkan dengan proses flotasi menggunakan alat *flotasi cell* pada temperature 45 °C selama 20 menit untuk memisahkan partikel tinta dari serat. Setelah proses flotasi selesai stok dicuci sampai pH netral. Diagram alir percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Bio-deinking

Kertas bekas campuran direndam selama 5-10 menit. Kemudian *direpulping* dalam hidrapulper pada konsistensi 4% hingga mencapai derajat kebebasan 300 ± 20 csf. Selanjutnya stok dipanaskan sampai temperatur 50 °C dan diatur pH 7, kemudian ditambahkan α -amilase dengan variasi 0.25%-0.5%. Lima menit setelah penambahan α -amilase ditambahkan selulase dengan variasi 0%-2% dan dibiarkan bereaksi selama 30 menit untuk memberi kesempatan enzim mendegradasi permukaan serat. Selanjutnya diinaktivasi pada temperatur diatas 90 °C selama 10 menit untuk menghentikan aktifitas enzim. Stok diencerkan sampai konsistensi 0,8 % dan dipanaskan pada temperature 60 °C selama 30 menit. Kemudian ditambahkan kolektor 0,25 % dan DTPA 0,2 % terhadap berat kering serat, dilanjutkan dengan proses flotasi menggunakan alat *flotasi cell* (Gambar 2) Pada temperature 45 °C



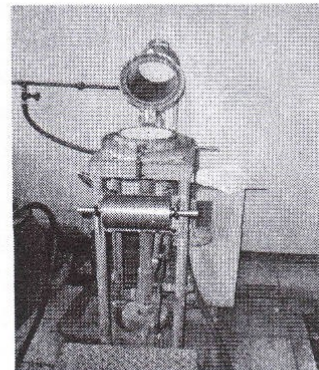
Gambar 1 Diagram alir percobaan

selama 20 menit untuk memisahkan partikel tinta dari serat. Setelah proses flotasi selesai, stok dicuci sampai pH netral.

Pembuatan lembaran

Stok hasil flotasi atau deinked pulp dari proses biodeinking dan konvensional masing-masing dibuat lembaran tangan dengan gramatur 55 g/m² menurut SNI 14-0489-1989. Terhadap lembaran yang dihasilkan dilakukan pengujian, derajat putih (SNI 14-4733-1998), noda (SNI 14-0697-1998), opasitas (SNI 14-4738-1998), porositas dan kelicinan (SNI 14-0932-1998), ketahanan tarik (SNI 14-4737-1998) dan ketahanan sobek (SNI 14-0436-1989). Sifat lembaran yang diperoleh dari hasil percobaan

dibandingkan dengan sifat lembaran hasil dari deinking secara konvensional dan juga terhadap spesifikasi kertas koran berdasarkan SNI 14-0091-1998



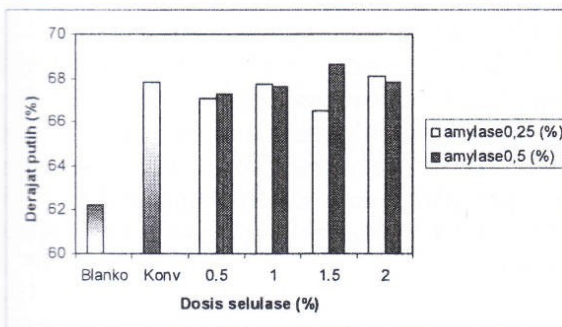
Gambar 2. Alat Flotasi Cell

HASIL DAN PEMBAHASAN

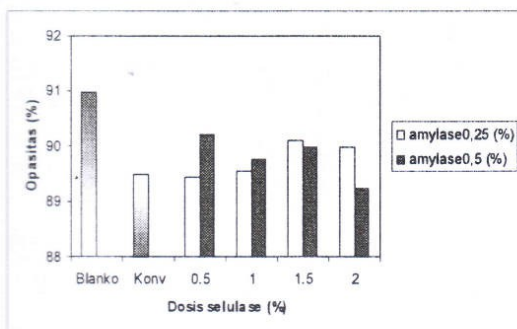
Dari percobaan yang dilakukan, sifat lembaran kertas hasil deinking menggunakan α -amilase dan selulase dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 9.

A. Sifat Optik Lembaran

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai derajat putih yang paling tinggi dicapai pada pemakaian α -amilase 0,5% dan selulase 1,5% yaitu sebesar 68,6%, dengan peningkatan sebanyak 6,34 poin terhadap blanko dan 0,78 poin terhadap proses deinking konvensional. Hal ini dikarenakan penggunaan α -amilase sebanyak 0,5% akan mendegradasi lebih banyak permukaan kertas yang terlindungi oleh bahan dari permukaan (pati) sehingga kinerja selulase dalam mendegradasi serat kertas yang terkena partikel tinta lebih optimal jika dibandingkan dengan penggunaan α -amilase 0,25%. Seluruh nilai derajat putih yang diperoleh pada percobaan ini telah memenuhi persyaratan derajat putih dalam SNI 14-0091-1998 tentang spesifikasi kertas koran, yaitu minimal 55%.



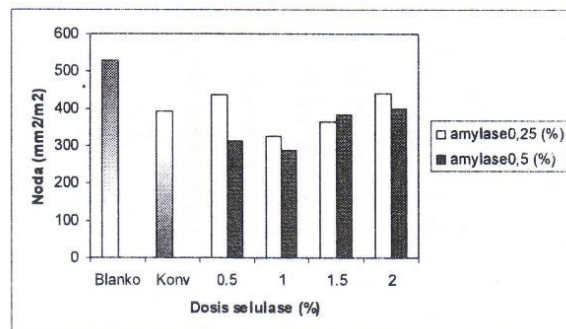
Gambar 3. Data pengujian derajat putih



Gambar 4. Data pengujian opasitas

Hasil pengujian opasitas pada Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan peningkatan dosis selulase nilai opasitas akan cenderung menurun dan hasil tertinggi diperoleh pada penggunaan selulase 0,5% dan α -amilase 0,5%, yaitu sebesar 90,2% dengan peningkatan sebanyak 0,7 poin terhadap proses deinking konvensional, dan penurunan sebanyak 0,8 poin bila dibandingkan terhadap blanko. Hal ini dikarenakan dengan penambahan selulase, efek enzimisasi secara tidak langsung merubah fibril-fibril berukuran mikro dan serat halus menjadi glukosa yang larut dalam air, berkurangnya fraksi serat halus (fine) yang memiliki luas spesifik lebih besar berdampak pada penurunan penyebaran cahaya (*light scattering*) yang mengakibatkan terjadinya penurunan nilai opasitas. Nilai opasitas yang diperoleh dari percobaan belum memenuhi persyaratan yang tercantum dalam SNI 14-0091-1998 (minimal 90%), kecuali untuk hasil yang didapat dengan penggunaan α -amilase 0,5% dan selulase 0,5% yaitu sebesar 90,2%.

Sedangkan dari Gambar 5, diperoleh hasil bahwa dengan penambahan enzim dapat menurunkan jumlah noda, akan tetapi setelah penambahan selulase di atas 1%, jumlah noda kembali meningkat. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya pemakaian selulase maka permukaan serat terutama yang paling dekat dengan tinta terdegradasi semakin banyak berakibat semakin banyak tinta yang terlepas dari serat, sehingga efektifitas dari flotasi akan menurun. Penurunan noda terbesar didapat pada penggunaan selulase 1% dan α -amilase 0,5% yaitu sebesar 287 mm²/m², atau menurun sebanyak 243 poin jika dibandingkan terhadap blanko dan 107 poin terhadap proses deinking konvensional.

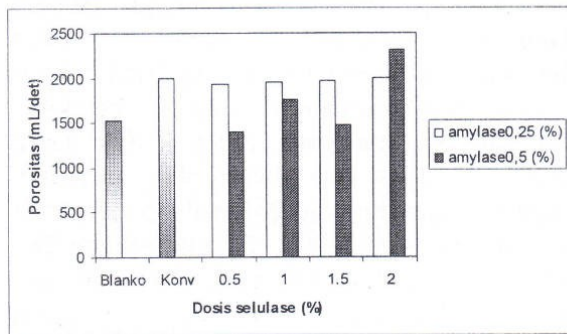


Gambar 5. Data pengujian noda

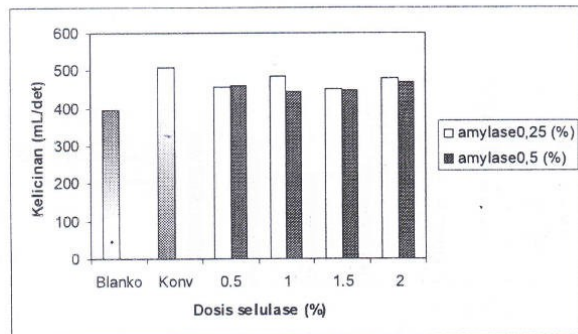
Walaupun pengujian terhadap parameter noda tidak tercantum dalam SNI 14-0091-1998, tapi parameter ini dianggap penting untuk mengetahui efektifitas dari flotasi dan pencucian pada proses deinking.

B. Sifat Fisik

Seperti terlihat pada Gambar 6 dengan peningkatan pemakaian enzim akan mengakibatkan permukaan kertas menjadi lebih porous. Hal ini dapat disebabkan karena dengan peningkatan enzim maka serat, fines, dan mikrofibril yang terdegradasi akan lebih banyak sehingga ruang antar serat yang biasanya terisi oleh fraksi fines dan mikrofibril akan kosong. Hal yang sama juga terjadi pada kelicinan lembaran kertas yang ditunjukkan pada Gambar 7 dimana nilai kelicinan semakin rendah sehingga permukaan kertas lebih kasar. Walaupun SNI 14-0091-1998 tidak mengatur tentang batasan nilai porositas dan kelicinan tapi pengujian terhadap kedua parameter ini dianggap penting karena sangat mempengaruhi kualitas hasil cetakan dan sebagai gambaran tentang formasi lembaran yang terbentuk.



Gambar 6. Data pengujian porositas



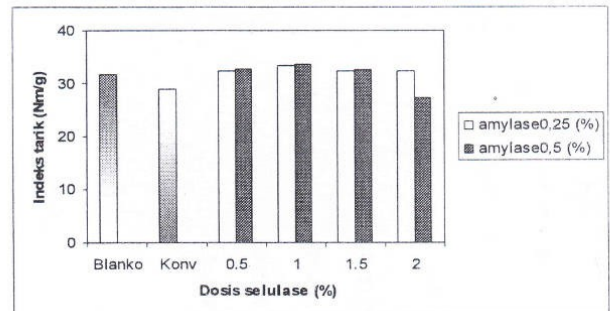
Gambar 7. Data pengujian kelicinan

Untuk parameter indeks tarik dan sobek dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9, dimana penggunaan enzim dapat meningkatkan nilai indeks tarik dan indeks sobek jika dibandingkan dengan metode deinking konvensional. Hal ini dikarenakan kerja enzim yang hanya mendegradasikan permukaan serat sehingga memberikan efek pengelupasan tanpa mendegradasi serat-serat panjang jika dosis pemakaiannya dikontrol. Dari Gambar 8 dan Gambar 9 diperoleh hasil bahwa dengan penggunaan selulase di atas 1% akan menurunkan kembali nilai indeks tarik dan indeks sobek. Hal ini diakibatkan karena dengan makin meningkatnya jumlah enzim maka serat yang terdegradasi bukan hanya serat-serat pendek, fraksi fines dan mikrofibril saja melainkan juga terhadap serat-serat panjang. Dari Gambar 8 didapat bahwa seluruh hasil percobaan telah memenuhi nilai indeks tarik yang disyaratkan dalam SNI 14-0091-1998, yaitu minimal 21.4 Nm/g.

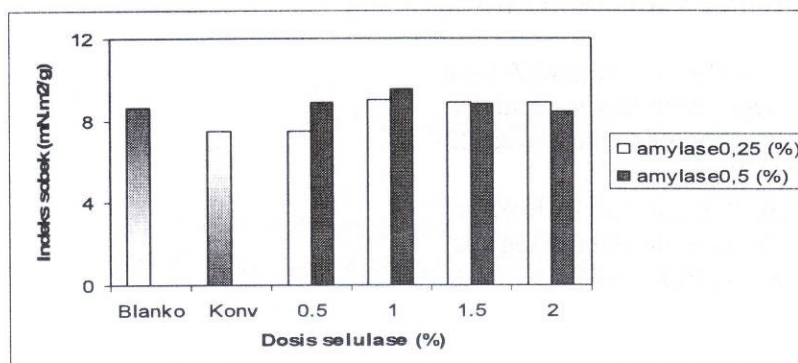
Adapun nilai indeks tarik tertinggi diperoleh pada penambahan selulase 1% dan α -amilase 0.5% sebesar 33.6 Nm/g, atau meningkat sebanyak 6 poin jika dibandingkan terhadap deinking konvensional.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi untuk indeks sobek diperoleh pada penggunaan α -amilase 0.5% dan selulase 1% sebesar 9.8 mN.m²/g atau meningkat 2.3 poin jika dibandingkan terhadap nilai indeks sobek yang diperoleh dengan proses deinking konvensional.

Dari hasil percobaan biodeinking menggunakan α -amilase dan selulase diperoleh hasil bahwa dengan pemakaian α -amilase 0.5% dan selulase 0,5%, lembaran yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan yang tercantum dalam SNI 14-0091-1998, tentang spesifikasi kertas Koran (Tabel 1).



Gambar 8. Data pengujian indeks tarik



Gambar 9. Data pengujian indeks sobek

Tabel 1. Perbandingan hasil deinking dengan SNI 14-0091-1998

Parameter	Satuan	SNI 14-0091-1998	Hasil biodeinking	Hasil konvensional
Indeks tarik	N m/g	Minimal 21.4	31.8	28.9
Indeks sobek	mN m ² /g	Minimal 3.56	8.6	7.5
Opasitas cetak d/0 ⁰	%	Minimal 90	90.2	89.5
Derajat putih d/0 ⁰	% ISO	Minimal 55	67.5	67.8

KESIMPULAN

Dari data percobaan yang di dapat diperoleh kesimpulan:

1. Penggunaan α -amilase dan selulase pada proses deinking secara keseluruhan dapat meningkatkan derajat putih (0.7 poin), menurunkan jumlah noda (10-107 poin), dan meningkatkan kekuatan lembaran dengan meningkatnya indeks tarik (0.9-6 poin) dan indeks sobek (0.3-2.3 poin) jika dibandingkan terhadap proses deinking konvensional.
2. Kondisi optimum dari penelitian ini diperoleh pada kondisi penambahan α -amilase 0.5% dan selulase 1%.
3. Dengan pemakaian α -amilase 0,5% dan selulase 0.5% sudah dapat menghasilkan deinked pulp yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.

DAFTAR PUSTAKA

Chabot B., Gopal A. K., and Said Abubkr; 1998; Effect of ultrafiltration permeate recycling on deinking efficiency of flexo-printed

newspaper; Progres in Paper Recycling August 1998; 27-37

Eom T.J., and Ow S.S.K.; 1990; German pat. 3,934,772

Jeffries T.W., Sykes M.S., Cropsey K.R., et al.; 1995; Proceedings of sixth international conference on biotechnology in the pulp and papre industry; Özepa ; Viena ; p.141

Kim T. J., Ow S., and Eom T.J.; 1991; TAPPI Pulping confrence proceedings; TAPPI Press ; Atlanta Book 2; p.1023

Pratima Bajpai and Pramod K.B.; 1998; Deinking with Enzyme: A Review, TAPPI Journal, 81:12,111,

Putz H.J., et al.; 1994; Enzymatic deinking in comparison with conventional deinking of offset news; TAPPI Proceedings –pulping confrence ; p.877-884

Rismijana J., Iin Naomi I., and Tutus P; 2002; Penggunaan selulase-hemiselulase pada proses deinking kertas koran bekas; Berita Selulosa, Vol 38 , No.3-4; 44-50

Rismijana J., Nina E., dan Cucu ; 2006; Efektifitas biodeinking pada pengolahan kertas bekas

campuran; Berita Selulosa Vol.41 No.1; hal 14-20.

www.conservatree.com/learn/Essential%20Issues/EIPaperContent.shtml; Enviromentally sound paper overview: Essential issue; 22-10-2008; 14:46 WIB.

Zhao Y., Yulio Deng. J.Y., Zhu; 2004; Roles of surfactans in flotation deinking, Progress in Paper Recycling Vol. 14-44.
