

EFEKTIVITAS BIODEINKING PADA PENGOLAHAN KERTAS BEKAS CAMPURAN

Jenni Rismijana *, Nina Elyani dan Cucu
Peneliti Kelompok Kertas, Balai Besar Pulp dan Kertas

BIODEINKING EFFECTIVENESS ON THE MIXED WASTE PAPER PREPARATION

ABSTRACT

Waste paper is one of fiber material which collected from the various resource such as offices, households, garbage, and so on. A primary difficulty of waste paper preparation in conventional deinking is ink contaminants. By the biotechnology development, it is possible to carry out biodeinking by using the enzyme to decrease the using of chemicals usually use in conventional deinking. So biodeinking in an environmentally fiendly process.

The experiments of using local xylanase enzyme have been done stepwise. The steps are pulping, enzymatic reaction, dilution, flotation and washing. After word the produced pulp made into handsheets, followed by optical and physical testing.

The results showed that the using of 0,5 – 2% enzyme increase the brightness 1 – 3 point, and decrease the dirt count 65 -81%. At the same time tensile strength and tearing strength increase by the increasing of enzyme dosage, but the porosity and roughnes are also increase. The best result isobain from 1% enzyme addition where the fibers suitable newsprint paper.

Keywords : mixed waste paper, enzyme, biodeinking, sheet properties.

INTISARI

Kertas bekas merupakan salah satu bahan serat yang dapat dikumpulkan dari berbagai sumber diantaranya perkantoran, rumah tangga, pembuangan sampah dan lain-lain. Beberapa kendala yang sukar dipecahkan pada pengolahan kertas bekas adalah penghilangan kontaminan khususnya tinta jika dilakukan secara deinking konvensional. Perkembangan bioteknologi memungkinkan dilakukan deinking secara enzimatis (biodeinking) untuk mengurangi penggunaan bahan kimia pada deinking konvensional sehingga lebih ramah lingkungan.

Penelitian penggunaan enzim xylanase lokal pada proses deinking kertas bekas campuran telah dilakukan, melalui tahapan proses penguraian, reaksi enzimasi, pengenceran, flotasi dan pencucian. Pulp yang dihasilkan dibuat lembaran dan dilakukan pengujian sifat optik dan sifat fisik kertas.

Hasil penelitian menunjukkan, penggunaan enzim sebanyak 0,5 – 2% meningkatkan derajat putih sekitar 1-3 poin dan menurunkan jumlah noda pada lembaran sekitar 65-81%. Ketahanan tarik dan ketahanan sobek lembaran menunjukkan peningkatan sejalan dengan dosis penambahan enzim, dengan lembaran yang dihasilkan lebih porous dan kasar. Kondisi paling baik diperoleh pada penggunaan enzim sebesar 1%, deinked pulp yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.

Kata kunci : kertas bekas campuran, enzim, biodeinking, sifat lembaran.

PENDAHULUAN

Kertas bekas merupakan salah satu sumber serat potensial dan murah untuk bahan baku industri kertas. Kertas bekas yang didaur ulang dapat dikumpulkan dari berbagai sumber antara lain perkantoran, rumah tangga, pembuangan sampah, dan lain-lain. Kertas bekas merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kelangkaan dan semakin mahalnya bahan baku kertas dari pulp asli yang diputihkan (*virgin bleached pulp*). Serat dari kertas bekas yang telah mengalami pengolahan dikenal dengan istilah serat sekunder (*secondary fiber*). Penggunaan serat sekunder berkembang seiring dengan perkembangan teknologi, faktor ekonomi, dan keterbatasan sumber daya alam dalam penyediaan serat primer. Disamping memberikan nilai ekonomis terhadap biaya produksi pembuatan kertas, pemanfaatan serat sekunder ini dapat memelihara kelestarian hutan, mengurangi pencemaran lingkungan dan juga menghemat air dan energi.

Beberapa kendala yang sukar dipecahkan sehubungan dengan pengolahan kertas bekas secara konvensional adalah penghilangan kontaminan, khususnya tinta. Kesulitan penghilangan tinta ini utamanya tergantung pada: jenis tinta, proses pencetakan dan jenis serat. Beberapa jenis kertas yang dicetak menggunakan tinta cetak berbasis minyak (*oil-based*), umumnya relatif lebih mudah dihilangkan tintanya dengan proses *deinking* konvensional. Sedangkan kertas yang dicetak secara *non-impact* lebih sulit dihilangkan tintanya, dan kertas tersebut banyak dijumpai pada daur ulang kertas bekas. Kertas bekas perkantoran campuran (*mixed office waste*) merupakan bahan baku yang paling sulit dihilangkan tintanya, karena sebagian besar kertas dicetak menggunakan proses fotokopi atau dengan printer laser, sehingga menyebabkan tinta masuk ke dalam serat dan sulit dihilangkan dengan cara *deinking* konvensional. Oleh karena itu penghilangan tinta dari *mixed office waste* merupakan hambatan yang cukup besar bagi pabrik yang menggunakan serat daur ulang tersebut.

Proses *deinking* konvensional menggunakan sejumlah besar bahan kimia yang mengakibatkan tingginya biaya pengolahan air limbah untuk dapat memenuhi peraturan lingkungan. Buangan limbah padat dan cair dari proses *deinking* juga termasuk kriteria limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Buangan tersebut merupakan suatu masalah sehingga pabrik dituntut untuk memberikan efektivitas proses yang

menguntungkan dan beban pencemaran yang lebih sedikit.

Perkembangan dalam bidang bioteknologi, khususnya *deinking* secara enzimatik (*biodeinking*), dapat memberikan solusi terhadap kendala-kendala yang terjadi pada sistem *deinking* konvensional. Selain efektivitas kerjanya cukup baik, aplikasi enzim ini dapat mengurangi penggunaan bahan kimia seperti kaustik soda, natrium silikat, hidrogen peroksida dan *chelating agent* yang banyak digunakan pada *deinking* konvensional.

Dari hasil penelitian ini diharapkan *deinked pulp* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.

TINJAUAN PUSTAKA

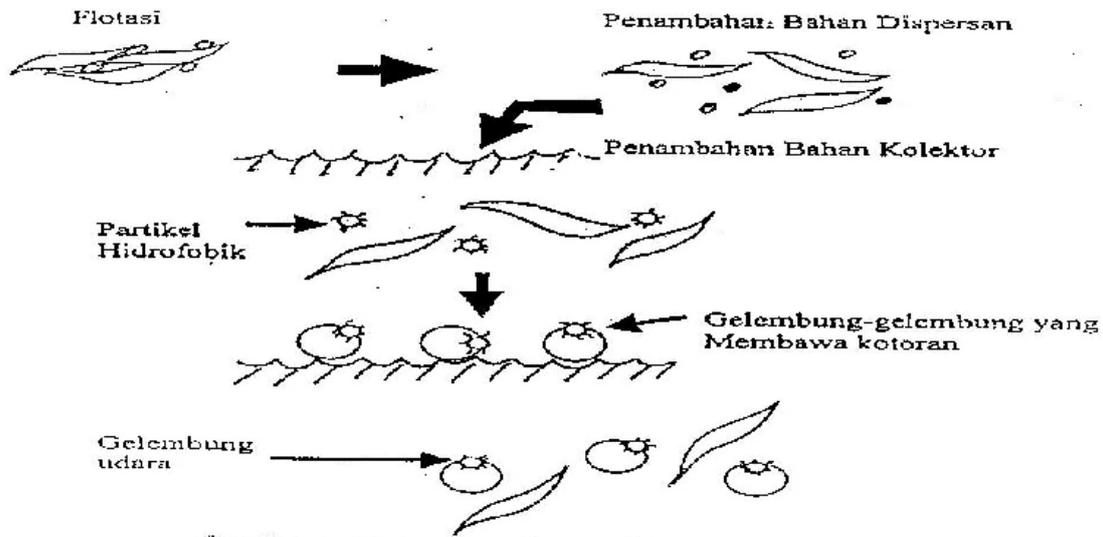
Proses *Deinking* Konvensional

Proses *deinking* adalah proses penghilangan tinta dan bahan bukan serat dari kertas bekas. Efektivitas proses *deinking* tergantung dari bahan baku kertas bekas, jenis kontaminan terutama tinta, tahapan proses yang dilakukan, dan jenis peralatan yang digunakan. Tahapan proses *deinking* konvensional umumnya meliputi tahap penguraian, pembersihan dan penyaringan, penghilangan tinta, serta tahap pencucian dan pengentalan.

Tahap penguraian serat (*defibering*) bertujuan untuk membantu pelepasan tinta dari serat menggunakan aksi mekanis dan penambahan bahan kimia seperti natrium hidroksida 1 – 5%, natrium silikat 2 – 4%, hidrogen peroksida 1 – 2%, *chelating agent* 0 – 1%, kolektor 0,5 – 3%, dan dispersan 0,1 – 1%⁽⁴⁾. Sedangkan pada tahap pembersihan dan penyaringan bertujuan untuk memisahkan kontaminan yang mempunyai ukuran dan densitas lebih besar dari serat seperti pasir, logam, kerikil, partikel tinta berukuran besar dan lain-lain.

Tinta yang masih tertinggal didalam stok dihilangkan secara flotasi, pencucian atau kombinasi flotasi dan pencucian. Proses flotasi merupakan proses pemisahan tinta dari serat dengan cara pengapungan. Mekanisme proses flotasi menurut McCool terdiri dari tiga tahap yaitu tumbukan antara partikel tinta dengan gelembung udara, pelekatan partikel tinta pada gelembung udara, dan pemisahan gelembung udara yang telah mengikat kotoran dengan serat.

Tahap pengentalan merupakan proses penghilangan akhir partikel tinta sebelum proses selanjutnya. Sisa tinta dan kontaminan lain yang tidak dapat dihilangkan secara flotasi didispersikan menjadi ukuran lebih kecil dari serat sehingga dapat terbawa bersama filtrat saat pencucian berlangsung.



Gambar 1. Mekanime Proses Flotasi

Deinking Secara Enzimatis

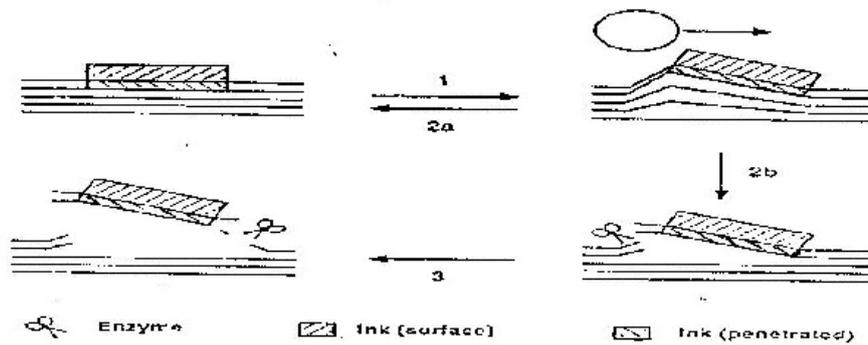
Pada industri pulp dan kertas, enzim telah digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya pada proses pulping (*biopulping*), proses pemutihan pulp (*biobleaching*), modifikasi pati, pengolahan limbah cair, pengendalian pitch, dan lain-lain. Akhir-akhir ini ditemukan bahwa enzim dapat diaplikasikan pada proses deinking dan memperbaiki proses serta hasil daur ulang kertas bekas. Menurut *Pratima* (1998), penerapan *biodeinking* dapat memberikan beberapa keuntungan seperti : mengurangi waktu pulping, mengurangi konsumsi bahan kimia, mengurangi polusi terhadap lingkungan, memberikan kualitas kertas dan proses yang lebih baik dibanding proses konvensional. Berdasarkan percobaan laboratorium *Kim* dkk, waktu pulping untuk deinking ONP menggunakan NaOH 1 % pada konsistensi 2 % dibutuhkan selama 240 detik. Pada penggunaan 0,1 % enzim selulase dibutuhkan pulping selama 60 – 129 detik, sedangkan dengan 0,5 % selulase kurang dari 30 detik.

Enzim yang umum digunakan dalam daur ulang kertas bekas adalah selulase, hemiselulase, xylanase, karboksimetilselulase, α -amylase, lipase, pektinase, esterase dan enzim lignolitik.

Selulase dan hemiselulase paling banyak digunakan dalam biodeinking.

Mekanisme kerja enzim dengan struktur selulosa masih belum diketahui dengan jelas. Menurut *Lee* dkk., faktor penting dalam mempelajari sistem selulase terhadap struktur selulosa adalah sifat-sifat struktur bahan selulosa, karena bagian terbesar hidrolisa secara enzimatis terhadap selulosa tergantung pada struktur fisik substrat selulosa, diantaranya kemampuan untuk ditembus (*accessibility*), luas permukaan spesifik, derajat polimerisasi, dan unit dimensi sel dari bahan selulosa.

Berdasarkan *Oltus* dkk., reaksi selulase adalah pemutusan dan degradasi serat. Sedangkan berdasarkan *Prommier* dkk., enzim menyerang permukaan serat menghasilkan efek pengelupasan (*peeling*). Bila efek pengelupasan ini dikendalikan, enzim hanya akan memindahkan beberapa elemen kecil atau senyawa yang mempunyai afinitas lebih besar terhadap air tetapi kecil kontribusinya terhadap ikatan hidrogen serat. Reaksi enzim harus dikendalikan dan dibatasi karena akan merusak serat dan panjang serat serta menyebabkan kehilangan serat halus (*fines*). Saat reaksi enzim dimulai, efek pengelupasan yang terjadi akan memberikan dampak terhadap peningkatan drainase.



Gambar 2. Reaksi enzim pada *biodeinking*

Adanya *finer*, bahan pengisi dan bahan-bahan koloid diketahui dapat menghambat proses drainase. Menurut Prommier (1990), penggunaan selulase pada campuran kertas bekas dapat mengurangi fraksi *finer* yang ditunjukkan dengan meningkatnya *freeness*. Peningkatan *freeness* dapat mengakibatkan efek laju drainase yang lebih baik sehingga pada headbox dapat digunakan stok dengan konsistensi yang lebih rendah. Semakin rendah konsistensi stok, formasi lembaran yang dihasilkan akan semakin baik.

Jackson dkk., menyatakan bahwa enzim selulase dapat memflokulasi *finer* dan partikel-partikel serat berukuran kecil atau menyebabkan lepasnya fibril-fibril dari permukaan serat. *Finer* akan terhidrolisa akibatnya terjadi peningkatan *freeness*, dan permukaan serat menjadi bersih dari fibril dan partikel-partikel. Terlepasnya fibril atau mikrofibril secara tidak langsung menyebabkan partikel-partikel tinta terlepas dari serat.

Namun demikian Kim dalam Jill M melaporkan bahwa sejalan dengan meningkatnya waktu penguraian, selulase dapat berpengaruh dalam penurunan ukuran partikel tinta. Semakin kecil ukuran partikel tinta, efektifitas proses flotasi akan menurun sehingga dapat menurunkan derajat putih.

Hal menarik dari penggunaan enzim pada proses *deinking* adalah pembatasan/tanpa penggunaan bahan kimia seperti NaOH, Na₂SiO₃, H₂O₂, dan *chelating agent*; sehingga beban COD dan BOD dalam limbah cair dapat berkurang, dan biaya pengolahan limbah cair dapat dikurangi.

METODOLOGI

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam percobaan adalah kertas bekas campuran terdiri dari HVS 34%, HVS impor 18,75%, Majalah 6%, Dupleks

18,75%, Stensil 10% dan SWL impor 12,5%. Enzim yang digunakan adalah enzim lokal produk BBPT yaitu xylanase yang masih mengandung selulase dengan variasi penambahan 0 – 2%. Selain itu digunakan pula kolektor untuk proses flotasi.

Metode

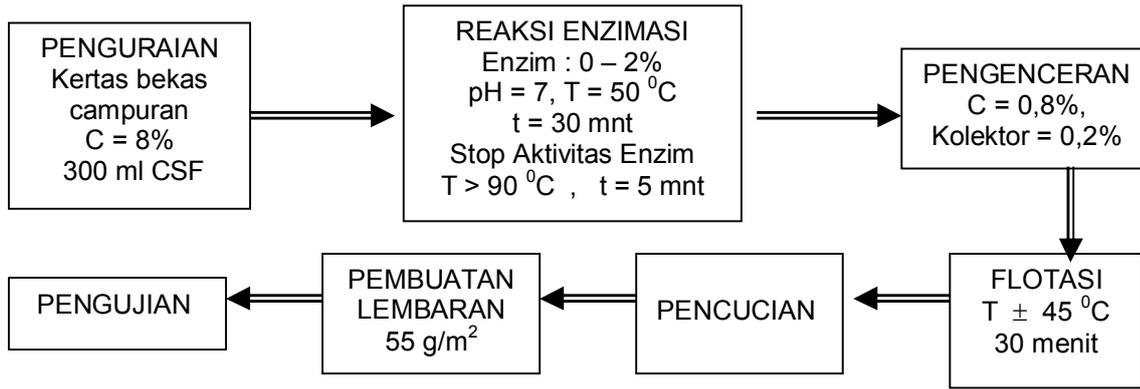
Kertas bekas campuran dengan konsistensi 8% diuraikan dalam hidropulper sampai diperoleh derajat giling sekitar 300 ml CSF. Setelah derajat giling tercapai, bubur kertas dipanaskan sampai suhu 50 °C kemudian ditambahkan enzim dengan variasi 0 – 2% dan dibiarkan bereaksi selama 30 menit untuk memberi kesempatan enzim mendegradasi permukaan serat. Kemudian dengan cepat suhu dinaikkan hingga diatas 90 °C dan pada suhu tersebut dibiarkan sekitar 5 menit untuk menghentikan aktivitas enzim.

Stok diencerkan sampai konsistensi 0,8% dan dipanaskan hingga 60 °C kemudian ditambahkan kolektor sebanyak 0,20% terhadap berat kering serat, dan dilanjutkan dengan proses flotasi selama 30 menit untuk memisahkan tinta dari serat. Setelah proses flotasi selesai, stok dicuci sampai pH netral.

Stok hasil flotasi atau *deinked pulp* dibuat lembaran tangan dengan gramatur 55 g/m². Setelah dipress dan dikeringkan kemudian dikondisikan dalam ruang kondisi dengan suhu 23 ± 1°C dan RH 50 ± 2% selama 24 jam.

Terhadap lembaran kertas dilakukan pengujian sifat optik dan sifat fisik yang meliputi derajat putih, noda, opasitas, ketahanan tarik, ketahanan sobek, kekasaran dan porositas. Diagram alir percobaan dapat dilihat pada Gambar 3.

Sifat lembaran yang diperoleh dari hasil percobaan dibandingkan dengan spesifikasi Kertas Koran berdasarkan SNI 14-0091-1998, diharapkan kertas bekas campuran ini layak dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.



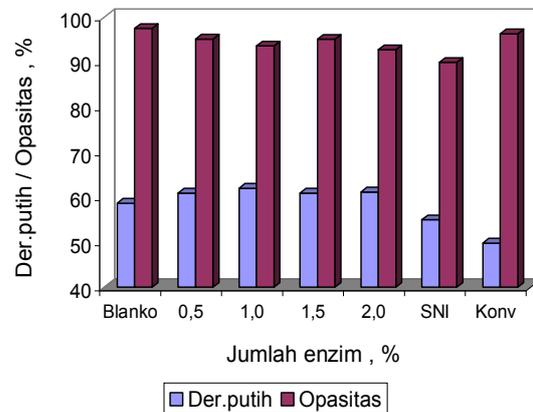
Gambar 3. Diagram Alir Percobaan Biodeinking

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat lembaran kertas hasil proses deinking dengan menggunakan enzim pada kertas bekas campuran, dapat dilihat pada Gambar 4 sampai Gambar 7 berikut .

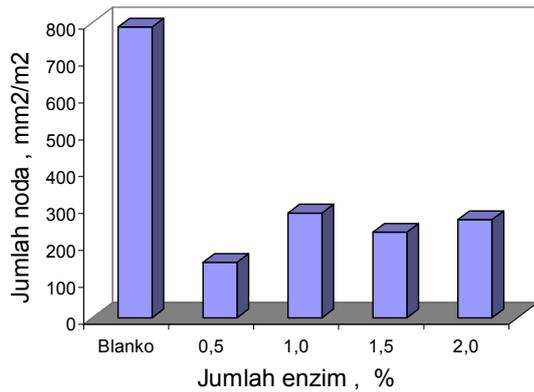
Sifat Optik Lembaran

Penggunaan enzim pada proses deinking kertas bekas campuran meningkatkan derajat putih lembaran sekitar 1 – 3 poin dibandingkan tanpa penambahan enzim, dan peningkatan tertinggi dicapai pada penambahan enzim 1,0%. Demikian juga terhadap hasil *deinking konvensional*, derajat putih meningkat sekitar 11 - 17 poin dari derajat putih dengan deinking konvensional (49,8%). Nilai derajat putih yang diperoleh dari hasil percobaan (60,93% – 62,01%) seluruhnya telah memenuhi nilai minimal (55%) yang dipersyaratkan dalam SNI 14-0091-1998, tentang spesifikasi kertas koran. Sedangkan opasitas lembaran mengalami penurunan (Gambar 4). Efek enzimasi secara tidak langsung kemungkinan mengubah fibril-fibril berukuran mikro dan serat halus menjadi glukosa yang larut dalam air. Berkurangnya fraksi *finer* yang memiliki luas spesifik lebih besar ini menyebabkan turunnya kemampuan penyebaran cahaya (*light scattering*) sehingga opasitas mengalami penurunan. Namun nilai opasitas lembaran hasil percobaan (92,82% – 95,15%) masih memenuhi nilai minimal (90%) yang dipersyaratkan dalam spesifikasi kertas koran berdasarkan SNI 14-0091-1998.

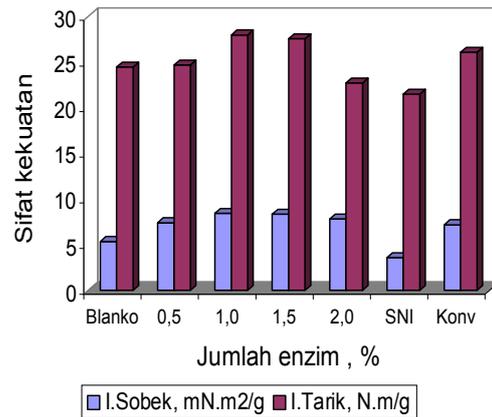


Gambar 4. Derajat putih dan opasitas lembaran

Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan enzim dapat menurunkan jumlah noda pada lembaran. Seperti terlihat dalam Gambar 5, jumlah noda pada lembaran berkisar antara $150 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ – $284 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ atau turun sekitar 65% - 81%. Pada penambahan enzim sebesar 0,5%, jumlah noda pada lembaran turun paling besar yaitu 81%. Untuk penambahan enzim diatas 0,5% jumlah noda pada lembaran meningkat, hal ini dimungkinkan semakin banyak enzim ditambahkan maka akan semakin tinggi kecenderungan selulase memotong selulosa yang paling dekat dengan tinta, sehingga semakin banyak tinta yang terlepas dari serat. Sejalan dengan pemutusan ini selulase juga cenderung menurunkan ukuran partikel tinta, yang berakibat efektifitas proses flotasi menurun dengan semakin kecilnya ukuran partikel tinta, maka pengurangan jumlah nodapun berkurang.



Gambar 5. Jumlah noda lembaran

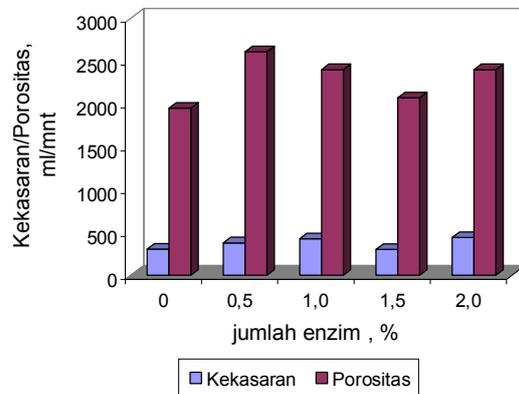


Gambar 6. Indeks sobek dan indeks tarik lembaran

Sifat Fisik Lembaran

Sifat kekuatan lembaran yang dihasilkan yaitu ketahanan tarik dan ketahanan sobek lebih baik dibanding tanpa penambahan enzim. Ketahanan tarik tertinggi dicapai pada penambahan enzim sebesar 1,0%, sedangkan ketahanan sobek penambahan enzim sebesar 1,5% (Gambar 6). Salah satu kelemahan dari penggunaan kertas bekas adalah menurunnya sifat kekuatan ketika serat sekunder tersebut mengalami daur ulang, sehingga lembaran yang dihasilkan juga mengalami penurunan kekuatan. Sebaliknya aplikasi enzim pada proses deinking justru menghasilkan sifat ketahanan tarik dan ketahanan sobek yang lebih baik dibanding tanpa enzim. Peningkatan sifat kekuatan ini antara lain dapat disebabkan oleh menurunnya fraksi serat halus atau lepasnya mikrofibril dari serat sebagai efek samping dari kerja enzim pada serat selulosa. Khusus untuk ketahanan tarik pada penambahan enzim 2 % terlihat memberikan penurunan sifat ketahanan tarik. Hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya dosis enzim perlu diikuti dengan penurunan waktu reaksi supaya dapat mengendalikan konversi selulosa yang berlebihan.

Berdasarkan SNI 14-0091-1998, tentang spesifikasi kertas koran, nilai indeks tarik minimal adalah 21,5 N.m/g dan indeks sobek minimal 3,6 mN.m²/g. Hasil yang diperoleh dari percobaan untuk indeks tarik adalah 22,74 - 28,0 N.m/g dan indeks sobek 7,42 - 8,44 mN.m²/g, seluruhnya dapat memenuhi nilai minimal indeks tarik dan indeks sobek yang dipersyaratkan SNI 14-0091-1998.



Gambar 7. Kekasaran dan porositas lembaran

Dari Gambar 7 terlihat bahwa dengan penambahan enzim, lembaran yang dihasilkan semakin porous dan kasar. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh aktifitas enzim yang menghidrolisa dan mendegradasi serat halus. Berkurangnya fraksi serat halus akan memberikan struktur jalinan serat pada lembaran lebih terbuka (porous) dan permukaan lembaran menjadi lebih kasar. Kertas yang akan dibuat koran tidak mempersyaratkan nilai porositas dan kekasaran, tetapi sifat ini penting untuk kertas cetak karena mempengaruhi kualitas hasil cetakan dan tingkat penyerapan tinta cetak. Porositas dan kekasaran lembaran dikendalikan melalui jenis dan struktur serat serta komponen lain seperti filler, coating dan lain-lain. Disamping itu, formasi lembaran dan tingkat konsolidasi serat melalui proses pengempaan dan calendaring mempengaruhi juga porositas dan kekasaran.

Ditinjau dari hasil uji deinked pulp yang dihasilkan dari percobaan proses biodeinking ini memenuhi persyaratan SNI 14-0091-1998 untuk kertas koran. Dengan demikian deinked pulp ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan biodeinking kertas bekas campuran yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut .

1. Penggunaan enzim 0,5% – 2% pada kertas bekas campuran :
 - Meningkatkan derajat putih sekitar 1 – 3 poin dibanding tanpa enzim.
 - Menurunkan jumlah noda pada lembaran sekitar 65% – 81% dibanding tanpa enzim.
 - Meningkatkan sifat kekuatan lembaran, khususnya indeks tarik naik sekitar 12,3% – 14,3% dan indeks sobek 38,4% – 57,5%.
 - Menghasilkan lembaran yang lebih porous dan kasar.
2. Secara keseluruhan, kondisi yang paling baik diperoleh pada penggunaan enzim sebanyak 1%.
3. Deinked pulp yang diperoleh lebih sesuai penggunaannya sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas koran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cathie Kate, David Guest ; 1991, *Wastepaper*, Pira Guide Series.
2. Claudia G. Thompson ; 1989 *Recycle Papers: The Essential Guide*, The MIT Press.
3. Dina S.F., Andoyo S., Taufan H. and Nina E.; , 2001, *Aplikasi Enzim pada Deinking Koran Bekas*, **Prosiding Seminar Teknologi Selulosa**.

4. Hipolit, K.J.; 1992, *Chemical Processing Aids in Papermaking : A Practical Guide*, TAPPI PRESS, 179 – 202.
5. Jill M. Jobbis and Neal E. Franks; 1997, *Enzymatic Deinking of Mixed Office Waste: Process Condition Optimization*, **TAPPI Journal**, 80:9.
6. Mahagaorkar M. and Paul B.; 1995, *Effect of Deinking on Optical and Physical Properties of Secondary Fiber after Pulping and Flotation*, **APPITA**, 4:6, 429.
7. Matthew J. Coleman; 1990, *Recycling Paper*, Vol. 1, TAPPI PRESS.
8. Mc. Kinney, R.W.J.; 1995, *Technology of Recycling*, Blackie Academic & Professional.
9. Paraskevas S.; 1990, *Ink Removal-Various Methods and their Effectiveness*, *Recycling Paper: From Fiber to Finished Product*, 426-429.
10. Pommier, J.D., Gerard G., Jean L.F.; 1990, *Using Enzyme to Improve the Process and the Product Quality in the Recycled Paper Industry, Part 1: The basic Laboratory work*, *Recycling Paper: From Fiber to Finished Product*, 197-202.
11. Pratima Bajpai and Pramod K.B.; 1998, *Deinking with Enzyme: A Review*, **TAPPI Journal**, 81:12, 111.
12. Putz H.J., Katharina R., Lothar G. and Olli J.; 1994, *Enzymatic Deinking in Comparison with Conventional Deinking of Offset News*, *Proceeding Pulping Conference Book 2*, TAPPI PRESS, 877 – 884.
13. Rismijana J., Iin Naomi I. and Tutus P.; 2002, *Penggunaan Selulase-Hemiselulase pada Proses Deinking Kertas Koran Bekas*, **Berita Selulosa**, Vol. XXXVIII, No.3-4, 44 – 50.

