

# PENGGUNAAN SURFAKTAN PADA PROSES *BIODEINKING* KERTAS BEKAS PERKANTORAN UNTUK KERTAS CETAK

Sari Farah Dina\* dan Nina Elyani\*\*

\*Peneliti Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan

\*\*Peneliti Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung

Naskah diterima tanggal : 10 Maret 2009

## THE USAGE OF SURFACTANT IN SORTED WHITE LEDGER *BIODEINKING* FOR PRINTING PAPER

### ABSTRACT

The experiment of surfactant usage in biodeinking process for Sorted White Ledger (SWL) has been done. Biodeinking processes were carried out in waterbath shaker up to 20 °SR and 26 °SR freeness at consistency of 25%, temperature of  $50 \pm 5$  °C, pH 6.5 – 7.0, for 2 hours and 3 hours reaction time. Cellulase addition was varied at 0 – 0.6% at a constant surfactant of 0.1%. The flotation stage was carried out for 20 minutes at a consistency of 0.8%, temperature of  $50 \pm 5$  °C and the dosage of collector was 0.08%. The stock was then washed until neutral pH and screened in Sommerville screen (150 mesh) to remove a small ink particles that was still retained on the treated stock fiber. Handsheets of 60 g/m<sup>2</sup> made from biodeinked pulp were then tested for dirt count, brightness, tensile index and tear index. The test results showed that the use of SWL-biodeinked pulp up to 30% met the requirement of opacity and water absorption (Cobb<sub>60</sub>). The handsheets caliper still did not meet the standar yet. The handsheets brightness were lower than standard since the brightness of LBKP used was also low. Although the pH of handsheets were neutral/slightly alkaline (7.0 – 7.2), it still did not meet the requirement, i.e. 7.5-8.5.

Keywords: waste paper, Sorted White Ledger (SWL), biodeinking, combined enzyme-surfactant deinking, printing paper properties

### INTISARI

Telah dilakukan percobaan penggunaan surfaktan pada proses *biodeinking* untuk mengolah Sorted White Ledger (SWL) dengan dua target *freeness* yakni: 20 dan 26 °SR dan variasi penambahan enzim 0 – 0,6 % terhadap berat kering serat pada jumlah penambahan surfaktan tetap sebesar 0,1% terhadap berat kering serat. Reaksi enzim dilakukan di dalam *waterbath-shaker* pada konsistensi 25%, suhu konstan  $50 \pm 5$  °C dan pH 6,5 – 7,0 dengan waktu reaksi divariasikan: 2 jam dan 3 jam. Tahap flotasi dilakukan selama 20 menit pada konsistensi 0,8% dan suhu  $50 \pm 5$  °C. Pada tahap ini ditambahkan kolektor sebanyak 0,08% terhadap berat kering serat. Stok hasil flotasi dicuci dan disaring menggunakan penyaring Sommerville (150 mesh) untuk menghilangkan sisa partikel tinta ukuran kecil yang masih tertinggal di dalam serat. Pulp hasil *biodeinking* dibuat lembaran tangan (60 g/m<sup>2</sup>) dan dievaluasi sifat optik, noda dan fisik/kekuatannya. Hasil pengujian lembaran menunjukkan bahwa penambahan pulp SWL hasil *biodeinking* maksimum 30% masih dapat memenuhi persyaratan kualitas kertas cetak ditinjau dari opasitas dan daya serap air (Cobb<sub>60</sub>). Tebal lembaran belum memenuhi persyaratan. Derajat putih LBKP yang rendah menjadi salah satu faktor penyebab tidak tercapainya derajat putih lembaran yang dipersyaratkan. Meskipun pH lembaran sudah berada pada kondisi netral/sedikit alkali (7,0 – 7,2) namun belum memenuhi persyaratan yakni 7,5 – 8,5.

Kata kunci: kertas bekas, Sorted White Ledger (SWL), *biodeinking*, *deinking* kombinasi enzim-surfaktan, sifat kertas cetak

**PENDAHULUAN**

Kertas bekas perkantoran putih (*white ledger*) merupakan jenis kertas bekas yang semakin banyak ketersediaannya. Kesulitan utama yang dijumpai pada saat pengolahan kertas bekas ini adalah pada tahap penghilangan tinta. Sebagaimana diketahui bahwa saat ini teknologi proses cetak semakin didominasi oleh cetak digital (*laser* dan *copy*). Tinta dari cetak digital secara umum mengandung resin polimer yang telah mengalami pemeraman (*cured*) dan mengikat partikel tinta demikian kuatnya pada permukaan serat sehingga sulit untuk dilepas secara sempurna dengan bahan kimia *deinking* konvensional, selama tahap penguraian serat di pulper.

**Sifat Umum Kertas Bekas Perkantoran Putih**

Kertas bekas perkantoran putih terpilih atau yang telah disortir (*sorted white ledger* =SWL) secara fisik sangat berbeda dengan kertas bekas lainnya seperti *Old Newsprint* (ONP) atau *Old Corrugated Container* (OCC). Hal ini disebabkan oleh dua hal, yaitu: komponen serat yang terkandung di dalamnya dan jenis proses cetak yang telah dialami.

SWL umumnya terdiri dari campuran serat pendek (LBKP) dan serat panjang (NBKP) yang diputihkan. Sedangkan ONP dan OCC umumnya mengandung serat mekanis. Saat ini, SWL adakalanya juga mengandung serat mekanis yang diputihkan, sehingga batas antara keduanya semakin tidak jelas. Tinta yang terdapat pada ONP dan OCC umumnya berasal dari proses cetak mekanis seperti *offset*, *flexography*, dan/atau *letterpress*. Sedangkan kertas bekas SWL umumnya mengandung tinta dari proses cetak *non-impact* seperti: *laser*, fotokopi dan *ink-jet*.

**Hubungan Tinta Cetak dan Proses Deinking**

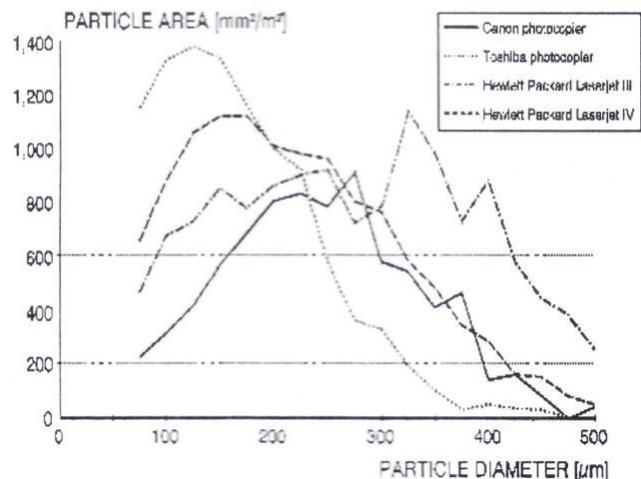
*Deinking* merupakan suatu proses untuk melepaskan dan memisahkan partikel tinta cetak dari serat kertas bekas yang didaur-ulang untuk memperbaiki sifat optik dari serat yang diperoleh. Pelepasan tinta cetak dari serat yang telah diuraikan lebih dulu selama tahap daur-ulang dapat dilakukan secara kimia dan mekanis. Partikel tinta yang telah terlepas dari permukaan serat selanjutnya dipisahkan dari stok dengan cara flotasi dan/atau pencucian. Efektifitas *deinking* sangat ditentukan oleh pemilihan proses pemisahan yang tepat, dan ini tergantung

pada jenis tinta/proses cetak yang telah dialami oleh kertas. Berdasarkan jenis proses cetak, ukuran partikel tinta yang dihasilkan selama proses daur-ulang kertas bekas, baik dari jenis kertas salut maupun tanpa salut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Partikel Tinta Setelah Penguraian Serat Kertas Bekas

Tinta Untuk	Diameter Partikel Tinta, $\mu\text{m}$	
	Kertas Tanpa Salut	Kertas Disalut
Letterpress	2,0 – 30,0	10,0 – 100,0
Offset	2,0 – 30,0	50,0 – 100,0
Water-based flexo	0,3 – 1,0	0,7 – 2,0
Rotogravure	2,0 – 30,0	5,0 – 30,0
Laser print, Fotokopi	40,0 – 400,0	40,0 – 400,0

(Sumber: Finnish American Paper Engineers' Textbook)



Gambar 1. Ukuran Partikel Tinta dari Beberapa Jenis Cetak *Non-impact*

Tinta cetak yang berasal dari proses cetak *flexography*, *laser*, *ink-jet* dan fotokopi adalah yang paling sulit dihilangkan selama tahap *deinking* kertas bekas. Tinta flexo yang merupakan tinta *water-based* (berpelarut air), selama tahap penguraian, pelepasan dan pemisahan menghasilkan partikel-partikel yang sangat kecil (lihat Tabel 1), sehingga menyebabkan derajat putih serat lebih rendah serta menimbulkan kesulitan pada pengolahan air pencuci yang akan didaur-ulang.

Ukuran partikel optimum untuk menghilangkan partikel tinta secara efektif melalui proses flotasi adalah 10 – 250  $\mu\text{m}$ . Dalam proses flotasi, ukuran partikel tinta yang kecil akan mengurangi kemampuan peng-

hilangan tinta (*deinkability*), sedangkan pada proses pencucian terjadi sebaliknya dimana proses pemisahan dapat berlangsung secara efektif pada partikel tinta yang berdiameter kurang dari 10  $\mu\text{m}$ .

Untuk tinta dari hasil cetak *non-impact* seperti: *laser* dan fotokopi, efektif pada kisaran antara 70  $\mu\text{m}$  hingga lebih dari 400  $\mu\text{m}$  (lihat Gambar 1). Ukuran partikel tinta yang terlalu besar perlu dikurangi dengan perlakuan mekanis sebelum melewati proses flotasi.

### **Proses Deinking Konvensional Vs Biodeinking**

Secara garis besar rangkaian tahapan proses penghilangan tinta dari kertas bekas, baik secara konvensional maupun enzimatis (*biodeinking*) adalah sama yaitu: tahap penguraian, tahap pelepasan tinta dan tahap pemisahan tinta. Hal utama yang membedakan antara sistem konvensional dan *biodeinking* adalah pada tahap pelepasan tinta. Pada *deinking* konvensional, pelepasan tinta dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan senyawa alkali untuk memberikan efek pembengkakan serat (*fiber swelling*), penyabunan senyawa hidrokarbon (pembawa) yang ada pada tinta serta proses hidrolisa dan pendispersian tinta. Senyawa kimia lain yang ditambahkan berfungsi untuk menjaga kualitas serat, stabilitas dan efektifitas selama proses pelepasan dan pemisahan tinta. Pada *biodeinking*, digunakan enzim untuk menggantikan sebagian fungsi bahan kimia yang digunakan pada proses *deinking* konvensional.

Hasil pengamatan menyimpulkan bahwa proses enzimasi dapat dihubungkan sebagai aktivitas biologi yang khas dari enzim yang memutus ikatan serat serta mengeluarkan tinta yang diikat pada permukaan serat dan juga yang terdapat dalam ikatan serat atau di antara fibril-fibril. Sebagian enzim menghidrolisa selulosa ke dalam struktur mikro permukaan serat selama tahap *pulping*. Karena aktivitas biologis dari enzim ini, partikel tinta halus yang melekat ke dalam ikatan serat, fibril-fibril dan serat halus yang tidak mungkin dihilangkan melalui bahan kimia *deinking* konvensional, dapat dihilangkan melalui proses *biodeinking*.

Peralihan dari sistem konvensional ke bioteknologi memberikan beberapa keuntungan, diantaranya adalah berkurangnya masalah busa di jalur proses pembuatan kertas akibat penggunaan surfaktan (untuk cara pencucian). Lebih jauh, beberapa jenis surfaktan yang digunakan tahan terhadap proses biodegradasi,

sehingga pada tahap pengolahan limbah dapat menyebabkan masalah yang serius bagi lingkungan. Penggunaan kolektor asam lemak untuk cara flotasi, dapat menyebabkan masalah seperti timbulnya endapan *pitch* dan kerak kalsium pada jalur proses penyediaan stok hingga proses pembuatan kertas.

Hal menarik lainnya dari penggunaan enzim pada proses *deinking* adalah berkurangnya pemakaian bahan kimia seperti: NaOH, Na-silikat, peroksida dan *chelating agent* yang berdampak terhadap menurunnya beban *Chemical Oxygen Demand (COD)* dan *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dalam limbah cair sehingga dapat menghemat biaya pengolahan limbah pabrik.

### **Optimasi Biodeinking**

Penggunaan enzim (*biodeinking*) telah diusulkan sebagai salah satu alternatif pengganti bahan kimia yang digunakan pada tahap penguraian. Metodologi yang diajukan menggunakan media netral yang bermanfaat menurunkan muatan pengotor dan juga lebih tepat dalam hal pelestarian lingkungan dibanding suasana terlalu asam atau alkali.

Beberapa jenis enzim yang dapat digunakan pada *biodeinking* diantaranya selulase, hemiselulase, xylanase, CMC-ase dan  $\alpha$ -selulase. Pemakaian selulase pada *deinking* masih relatif baru dan terdapat berbagai pendapat yang kontradiktif. Ada yang menyatakan selulase bekerja dengan cara mengikat serat pulp yang menyebabkan perubahan pada permukaan serat sehingga membantu pelepasan partikel tinta dari serat selama tahap *repulping*. Pendapat lain menyebutkan bahwa enzim menghidrolisa dan mendegradasi bagian terluar dari selulosa (serat) yang menyebabkan pelepasan tinta dari serat. Juga dilaporkan bahwa aksi enzim dan mekanik merupakan dasar dari proses *biodeinking*. *Deinking* menggunakan enzim meningkatkan keefektifan penguraian akibat friksi antar serat yang lebih tinggi.

Untuk mengoptimalkan kinerja enzim pada tahap pelepasan tinta ada beberapa variabel proses dan peralatan yang perlu diperhatikan, diantaranya:

#### **a. Jenis dan Dosis Penambahan**

Kombinasi enzim-surfaktan memberikan gambaran positif terhadap potensi *biodeinking*. Rasio dosis enzim-surfaktan yang optimum

tergantung pada kualitas kertas bekas yang diolah, kualitas *white water* yang digunakan pada tahap *pulping* dan kemampuan untuk mencapai kelancaran sistem yang dapat diterima. Konsentrasi surfaktan harus diseleksi untuk mendapatkan kelancaran sistem dan pengendalian busa. Pengalaman terdahulu menunjukkan bahwa rentang penambahan surfaktan yang dapat diterima adalah antara 0,04 – 0,2% terhadap berat kering serat, sedang penambahan enzim adalah antara 0,024 – 0,048%<sup>4</sup>. Penambahan selulase sekitar 4 liter per ton kertas dilaporkan dapat meningkatkan sifat fisik serat hasil daur-ulang.

#### b. Konsistensi

Efisiensi penghilangan kontaminan menggunakan kombinasi enzim-surfaktan dapat memberikan keuntungan jika berlangsung pada konsistensi stok di *pulper* yang tinggi, yaitu 3 – 12%. Konsistensi yang tinggi memberikan kesempatan pengikatan enzim yang lebih intensif pada permukaan serat.

#### c. pH

Pengendalian pH sangat penting untuk memastikan aktifitas enzim yang optimum dan setiap jenis enzim memiliki aktifitas pada pH yang spesifik. Secara umum, enzim yang digunakan untuk *deinking* atau *bleaching* memiliki aktifitas pada pH antara 4,5 – 9,0. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada pH >9 tidak memberikan efek positif terhadap peningkatan efisiensi penghilangan kontaminan. Selulase memiliki aktifitas pada pH antara 6 – 9 dan optimum pada kondisi pH netral.

#### d. Suhu Reaksi

Rentang suhu operasi enzim yang umum adalah berkisar antara 25 – 55 °C. Untuk selulase, khususnya yang dihasilkan dari mikroba *Bacillus stearothermophilus*, aktifitas optimumnya adalah pada suhu 50 – 55 °C, sedangkan selulase yang berasal dari mikroba *Trichoderma viride* memiliki aktifitas optimum pada suhu 30 – 35 °C.

#### e. Waktu Reaksi

Waktu tinggal yang paling baik agar terjadi penguraian dan pemotongan serat dalam batas pengendalian tertentu adalah antara 30 – 45 menit. Masing-masing pabrik akan memerlukan waktu penguraian yang berbeda.

Perbedaan ini tergantung pada jenis peralatan dan komposisi kertas bekas yang digunakan.

#### f. Peralatan

Efektifitas penggunaan enzim tidak terlepas dari perlakuan mekanis untuk membantu dalam pemisahan partikel tinta/pengotor dari serat. Peralatan yang dibutuhkan diantaranya: *screen*, *cleaner*, sel flotasi, *washer* dan peralatan penjernihan *white water*.

#### g. Titik Penambahan Bahan Kimia

Penambahan enzim yang paling baik pada proses *deinking* dilaporkan adalah pada tahap penguraian di *pulper*. Ketentuan ini dimaksud untuk memberikan peluang terjadinya reaksi pengelupasan permukaan serat melalui aksi agitasi pada tingkat tertentu.

#### Biodeinking Kombinasi

Proses *biodeinking* yang dikombinasi dengan salah satu cara pelepasan tinta sistem konvensional, yaitu cara pencucian, merupakan suatu cara yang lebih efektif dalam pengolahan kertas bekas yang mengandung tinta cetak berukuran besar. Partikel-partikel tinta yang telah dilepas akibat reaksi hidrolisa enzim terhadap serat selulosa tidak membentuk flok berukuran lebih besar dikarenakan adanya surfaktan.

Aplikasi enzim-surfaktan pada penghilangan tinta kertas bekas jenis SWL pada percobaan ini dimaksud untuk mengendalikan aglomerasi partikel tinta yang sudah terlepas dari serat. Sebagaimana diketahui tinta yang terdapat pada SWL umumnya berasal dari proses cetak *laser* dan fotokopi, yang memiliki ukuran partikel yang besar (sekitar 350 µm). Ukuran tinta yang besar lebih efektif dipisahkan dengan cara flotasi, namun agar beban flotasi tidak terlalu berat maka penambahan surfaktan pada tahap enzimasi sangat diperlukan agar partikel tinta tidak beraglomerasi membentuk partikel berukuran yang lebih besar lagi pada saat flotasi.

Di dalam percobaan ini ada dua hal yang menjadi prioritas pengamatan yakni: untuk mendapatkan informasi efektifitas pemakaian enzim pada proses penghilangan tinta cetak digital dari kertas bekas dan juga melihat potensi enzim lokal yang diproduksi oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

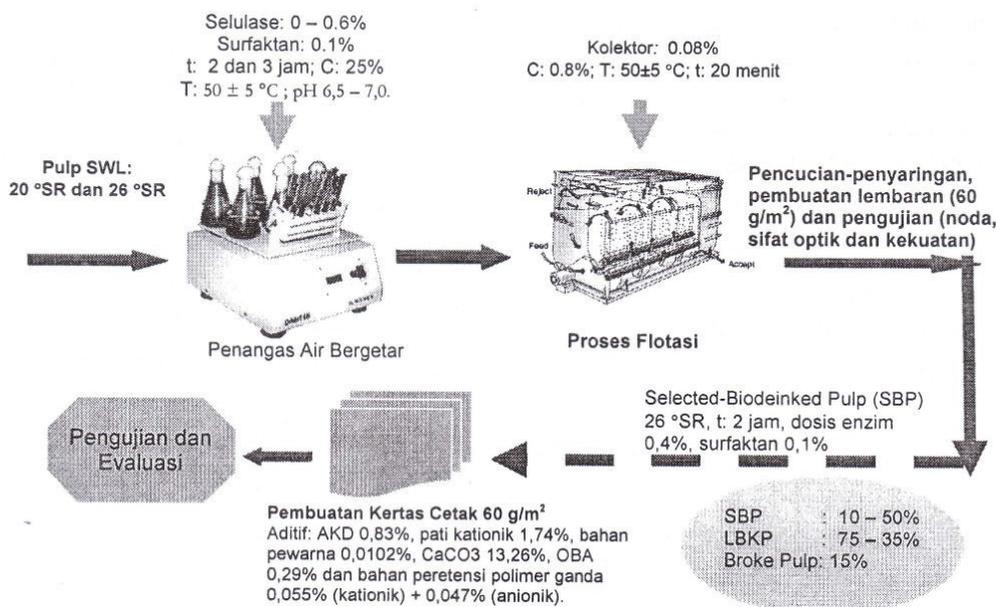
## BAHAN DAN METODA

Bahan baku yang digunakan pada percobaan ini adalah kertas bekas putih terpilih (SWL) yang diperoleh dari perkantoran, yang mengandung tinta dari proses cetak *laser* dan fotokopi. Enzim yang digunakan adalah selulase yang berasal dari *Bacillus stearothermophilus* dan bahan kimia *deinking* berupa kolektor dan *foaming agent*. Pulp hasil pengolahan yang terpilih digunakan untuk pembuatan kertas yang dikombinasikan dengan pulp serat pendek diputihkan (LBKP) dan *broke*. Sebagai bahan aditif pada pembuatan kertas, ditambahkan dari internal AKD, pati kationik, bahan pengisi kalsium karbonat, bahan peretensi, serta bahan pewarna dan OBA.

Proses *deinking* skala laboratorium diawali dengan tahap penguraian kertas bekas di dalam *beater* pada konsistensi 1,5% hingga dicapai *freeness* 20 dan 26 °SR. Terhadap masing-masing stok selanjutnya diberi perlakuan enzim-surfaktan dengan variasi penambahan enzim sebesar 0,2%, 0,4% dan 0,6% terhadap berat kering serat; sedangkan surfaktan ditambahkan tetap sebesar 0,1% terhadap berat kering serat. Reaksi enzim dilakukan di dalam *waterbath-shaker* pada konsistensi 25%. Waktu reaksi divariasikan 2 jam dan 3 jam pada suhu konstan

50 ± 5 °C dan pH 6,5 – 7,0. Pada tahap flotasi ditambahkan kolektor sebanyak 0,08% terhadap berat kering serat, yang dilakukan pada konsistensi 0,8% serta suhu diatur pada 50±5 °C selama 20 menit. Stok hasil flotasi dicuci dan disaring menggunakan penyaring *Sommerville* (150 mesh) untuk menghilangkan partikel tinta ukuran kecil yang tidak dapat dipisahkan selama flotasi.

Pulp hasil *biodeinking* dibuat lembaran tangan (60 g/m<sup>2</sup>) dan dievaluasi sifat optik, noda dan fisik/kekuatannya. Dari variasi terpilih hasil *biodeinking* ini kemudian dijadikan campuran bahan baku untuk pembuatan kertas cetak (60 g/m<sup>2</sup>) dengan variasi komposisi pulp terpilih hasil *biodeinking* 10 – 50%, LBKP 75 – 35% dan *broke* tetap 15%. Sebagai aditif ditambahkan AKD 0,83%, pati kationik 1,74%, bahan pewarna 0,0102%, CaCO<sub>3</sub> 13,26%, OBA 0,29% dan bahan peretensi polimer ganda 0,055% (kationik) + 0,047% (anionik). Lembaran tangan yang diperoleh diuji dan dievaluasi dalam hal sifat fisik/kekuatan, sifat optik dan jumlah noda. Tahapan rinci dari percobaan yang dilakukan digambarkan dalam Gambar 2.



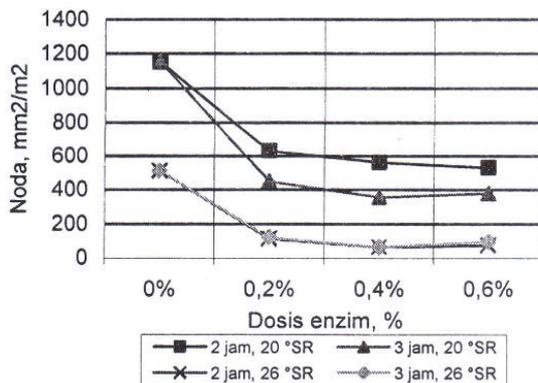
Gambar 2. Diagram Alir Percobaan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kertas bekas jenis SWL merupakan jenis kertas bekas yang sulit dihilangkan tintanya, karena sebagian besar dicetak menggunakan proses fotokopi atau *printer laser* yang menyebabkan partikel tinta masuk ke dalam serat sehingga sulit dihilangkan secara konvensional. Dengan mengaplikasikan proses *biodeinking*, selulase mempermudah proses pelepasan tinta dengan cara mendegradasi permukaan serat atau memecahkan polimer selulosa sehingga membebaskan ikatan antar serat. Uraian berikut ini menjelaskan hasil percobaan *biodeinking* yang dilakukan dengan variasi derajat giling (*freeness*), waktu reaksi dan dosis penambahan selulase.

### a. Noda

Selama tahap penguraian, partikel tinta dari cetak *laser* dan fotokopi akan membentuk partikel yang berukuran besar. Kombinasi sistem enzim-surfaktan yang diaplikasikan pada tahap ini dapat mengurangi kecenderungan partikel tinta untuk beraglomerasi membentuk ukuran yang lebih besar lagi dengan mendispersikan tinta dalam stok. Jika tinta ini tidak terdispersi dengan baik dan juga selama tahap flotasi sukar diikat oleh kolektor maka akan membentuk sejumlah besar noda pada lembaran kertas yang dihasilkan.



Gambar 3. Pengaruh Dosis Enzim, Waktu Reaksi dan Derajat Giling terhadap Noda Lembaran

Hasil uji noda pada Gambar 3 menunjukkan bahwa meningkatnya derajat giling stok semakin menurunkan jumlah noda dalam lembaran. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya tingkat penguraian serat maka potensi enzim untuk mendegradasi serat yang mengandung partikel tinta semakin besar. Degradasi permukaan serat oleh selulase akan melemahkan ikatan antar serat atau memecah

polimer selulosa sehingga menyebabkan putusannya ikatan antar serat. Diharapkan reaksi ini hanya berlangsung pada permukaan serat yang hanya mengandung partikel tinta saja sehingga membantu proses pelepasan tinta dari serat.

Waktu reaksi tidak berpengaruh nyata pada tingkat derajat giling yang semakin tinggi, namun pada derajat giling yang lebih rendah diperlukan waktu reaksi selulase yang lebih lama yaitu 3 jam.

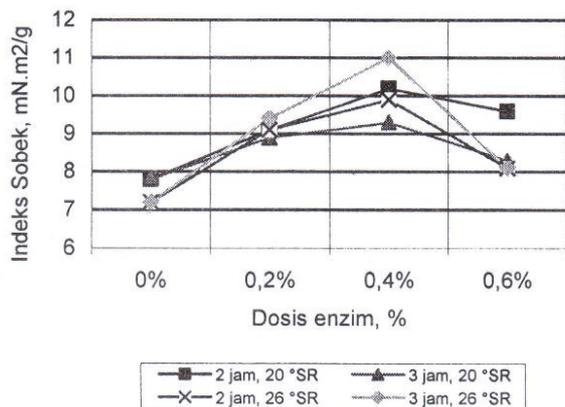
Penambahan enzim meningkatkan efektivitas penurunan noda antara 45 – 87% dibanding tanpa enzim (blanko). Penurunan jumlah noda paling besar diperoleh pada penambahan enzim sebesar 0,4% pada seluruh variasi waktu dan derajat giling, dan penurunan tertinggi dicapai pada derajat giling 26 °SR dan waktu 2 jam.

Penambahan enzim lebih dari 0,4% menyebabkan semakin banyak serat yang mengandung partikel tinta yang terlepas/terpotong dari serat utuh. Namun karena surfaktan dan kolektor yang ditambahkan adalah tetap, maka beban flotasi akan semakin berat untuk memisahkan partikel tinta. Hal inilah yang menyebabkan noda pada lembaran meningkat kembali pada dosis enzim 0,6%.

### b. Derajat Putih

Banyak faktor yang mempengaruhi derajat putih kertas, beberapa diantaranya adalah: derajat putih pulp yang digunakan sebagai bahan baku kertas, jumlah noda yang berasal dari serat sekunder serta jenis dan karakteristik bahan pengisi yang ditambahkan.

Terkait dengan kandungan noda yang sebagian berasal dari partikel tinta, merupakan salah satu parameter penting untuk melihat kinerja proses *deinking*, namun kadang kala memberikan korelasi negatif terhadap derajat putih kertas. Pada proses *deinking* yang efektif, jumlah noda yang terbawa pada kertas semakin rendah dan menghasilkan lembaran dengan derajat putih lebih tinggi. Namun apabila proses *deinking* tidak efektif, terutama dalam pemilihan tahap pelepasan partikel tinta (pencucian, flotasi atau kombinasi keduanya), maka menyebabkan partikel berukuran sangat kecil ( $< 0,04 \text{ mm}^2$ ) akan terbawa ke dalam kertas dan tidak dapat dideteksi melalui uji noda. Adanya noda yang demikian justru akan menurunkan nilai derajat putih lembaran dan *freeness* terhadap indeks tarik lembaran.



Gambar 6. Pengaruh Dosis Enzim, Waktu Reaksi dan *Freeness* terhadap Indeks Sobek Lembaran

Atas dasar hasil evaluasi di atas, dipilih variasi yang akan digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan kertas cetak; variasi tersebut adalah *biodeinked pulp* dari stok dengan derajat giling 26 °SR, dosis enzim 0,4%, dan waktu reaksi 2 jam. Hasil uji lembaran tangan yang dibuat dari berbagai variasi komposisi campuran bahan baku (*biodeinked pulp*-LBKP-broke) dengan ditambahkan bahan kimia kertas tertentu dijelaskan pada uraian di bawah ini.

### c. Gramatur dan Tebal

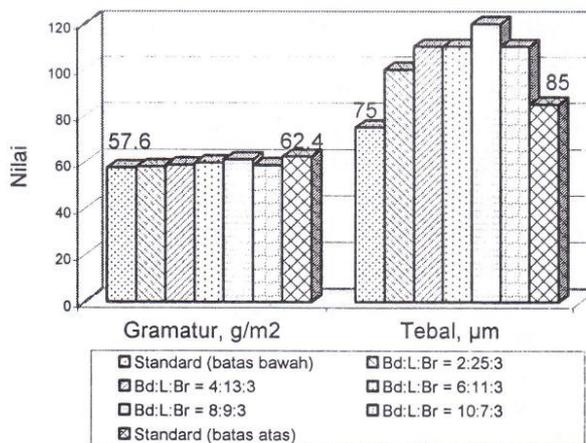
Pengukuran gramatur dipandang penting karena selain berpengaruh terhadap transaksi jual-beli juga terhadap sifat kertas yang dihasilkan seperti sifat kekuatan dan sifat optik lembaran. Gambar 7 menunjukkan bahwa gramatur lembaran yang dihasilkan masih berada pada rentang gramatur yang dipersyaratkan pada pembuatan kertas cetak untuk gramatur 60 g/m<sup>2</sup>, yaitu ± 4% atau pada kisaran 57,6 – 62,4 g/m<sup>2</sup>. Hal ini memberikan indikasi bahwa serat sekunder yang digunakan, termasuk *biodeinked pulp*, teretensi dengan baik selama tahap pembentukan lembaran. Umumnya lembaran yang dibuat dari serat sekunder memiliki tingkat retensi lebih rendah akibat banyaknya serat halus yang lolos selama tahap pembentukan.

Selulase yang ditambahkan pada tahap penguraian menghidrolisa serat halus menjadi bentuk gula terlarut sehingga kandungan serat halus di dalam stok berkurang. Ini merupakan salah satu keuntungan penggunaan enzim dalam pengolahan serat sekunder.

Tebal merupakan parameter sifat kertas cetak yang berpengaruh pada kualitas hasil cetakan. Faktor yang berpengaruh terhadap tebal

diantaranya adalah gramatur, densitas serat serta operasi pengempaan dan *calendering* selama proses pembuatan kertas. Lembaran dengan gramatur sama tetapi bahan baku berbeda dapat menghasilkan tebal lembaran yang berbeda. Serat halus dan serat pendek umumnya bersifat *bulky* sehingga lembaran yang dihasilkan akan lebih tebal. Untuk mendapatkan tebal yang sama, beban pengempaan atau *calendering* umumnya ditingkatkan, dan pada akhirnya menyebabkan kenaikan biaya produksi.

Hasil uji tebal pada Gambar 7 menunjukkan nilai tebal yang berada di luar rentang standar nilai yang ditetapkan. Hal yang mungkin menjadi penyebab tingginya tebal lembaran yang dihasilkan pada percobaan ini adalah SWL yang digunakan pada percobaan ini memiliki kandungan serat pendek lebih banyak sehingga semakin tingginya jumlah pulp hasil *biodeinking* SWL dalam campuran bahan baku menyebabkan lembaran kertas dihasilkan semakin *bulky*.



Gambar 7. Hasil Uji Gramatur dan Tebal Lembaran pada Berbagai Komposisi *Biodeinked Pulp*

### d. Derajat Putih dan Opasitas

Parameter derajat putih pada kertas cetak lebih diperuntukkan untuk memberikan nilai estetika yang baik sehingga orang sering mengidentikkan kertas yang lebih putih akan terlihat lebih baik dibanding kertas yang cenderung berwarna kekuningan, meskipun diketahui derajat putih kertas yang tinggi berdampak kurang baik terhadap kesehatan mata.

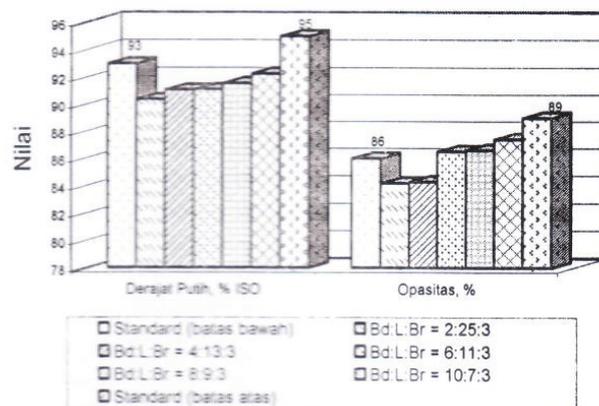
Hasil uji derajat putih lembaran pada Gambar 9 menunjukkan semakin tinggi kandungan SWL hasil *biodeinking* di dalam lembaran akan memberikan nilai derajat putih yang semakin baik, namun secara keseluruhan masih berada di bawah standar (93 – 95 % ISO).

Tidak terpenuhinya nilai derajat putih ini kemungkinan lebih disebabkan oleh rendahnya derajat putih LBKP yang digunakan. Hal ini terlihat dengan semakin berkurangnya kandungan LBKP akibat porsi SWL yang bertambah menyebabkan derajat putih lembaran semakin meningkat. Namun karena derajat putih serat SWL hasil *biodeinking* juga hanya 91%ISO sehingga tidak mampu menaikkan nilai derajat putih lembaran yang dibuat sampai nilai standar yang dipersyaratkan.

Sifat optik lainnya yang diperlukan sehubungan dengan kualitas hasil cetak pada kertas adalah opasitas. Hasil cetakan pada suatu permukaan kertas beropasitas tinggi tidak membentuk bayangan pada permukaan sebaliknya. Faktor-faktor yang mempengaruhi opasitas kertas diantaranya adalah: gramatur, ikatan antar serat, penggilingan dan pengempaan, formasi lembaran, kandungan bahan pengisi dan serat halus.

Pengukuran nilai opasitas didasarkan pada besarnya koefisien penghamburan dan penyerapan cahaya yang dilewatkan pada kertas menggunakan reflektor yang dilewati sinar dengan panjang gelombang tertentu. Besarnya koefisien penghamburan cahaya sangat dipengaruhi oleh kandungan serat halus atau bahan pengisi karena memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar dibanding serat utuh. Semakin banyak kandungan serat halus maka semakin banyak cahaya yang dihamburkan/direfleksikan dan ini akan memberikan nilai opasitas yang semakin tinggi. Penggilingan dan pengempaan pulp kimia yang meningkat akan meningkatkan densitas lembaran sehingga luas permukaan bebas dari kertas akan berkurang dan hal ini berdampak pada penurunan koefisien penghamburan cahaya.

Hasil pengujian opasitas seperti tertera pada Gambar 8 menunjukkan bahwa opasitas lembaran meningkat sejalan dengan meningkatnya kandungan pulp SWL hasil *biodeinking*. Hal ini menunjukkan kandungan serat halus yang terdapat pada serat SWL hasil *biodeinking* tidak seluruhnya terdegradasi oleh selulase pada variasi dosis enzim 0,4% dan waktu reaksi 3 jam (variasi terpilih). Porsi serat halus yang masih ada memberikan keuntungan pada peningkatan koefisien penghamburan cahaya sehingga opasitas kertas meningkat. Meskipun secara keseluruhan terjadi peningkatan opasitas namun hanya penambahan serat SWL hasil *biodeinking* di atas 20% yang dapat memenuhi nilai sesuai persyaratan pabrik (86 – 89%).



Gambar 8. Hasil Uji Derajat Putih dan Opasitas Lembaran pada Berbagai Komposisi *Biodeinked Pulp*

#### e. Daya Serap Air ( $Cobb_{60}$ )

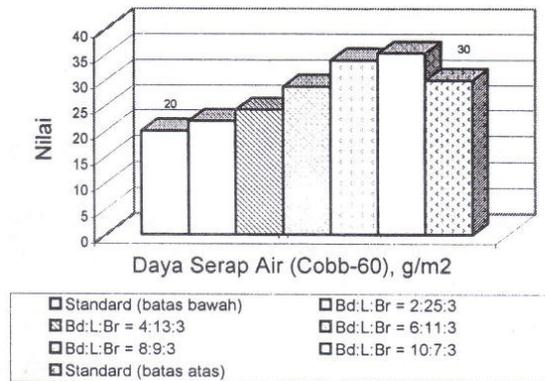
Daya serap air ( $Cobb_{60}$ ) merupakan ukuran efektifitas proses pendarihan (*sizing*) yang diberikan pada kertas untuk meningkatkan sifat hidrofobisitas permukaan kertas melalui penambahan bahan dari internal. Pada kertas cetak, sifat ini diperlukan untuk pengendalian pembasahan atau penyerapan tinta selama proses cetak.

*Alkyl Ketene Dimer* (AKD) yang ditambahkan pada percobaan ini merupakan bahan dari internal yang digunakan untuk mencapai tingkat penetrasi cairan yang sesuai dengan penggunaan akhir kertas. Hal yang paling berpengaruh terhadap efektifitas proses pendarihan adalah rasio penambahan bahan dari terhadap kandungan serat halus/bahan pengisi serta derajat keasaman bubur kertas. AKD efektif bekerja pada pH 6,5 – 8,5, dan karenanya proses pembuatan kertas yang menggunakan bahan dari AKD dinyatakan sebagai proses pembuatan kertas secara alkali. Kondisi alkalis stok dikendalikan dengan penambahan kalsium karbonat yang juga berfungsi sebagai bahan pengisi.

Hasil uji pada Gambar 9 menunjukkan semakin tinggi kandungan SWL hasil *biodeinking* maka daya serap air lembaran semakin tinggi. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya jumlah SWL hasil *biodeinking* yang ditambahkan menyebabkan meningkatnya kandungan serat halus, sehingga total luas permukaan spesifik serat yang bersifat hidrofilik dan harus diubah menjadi hidrofob oleh AKD semakin meningkat. Bertambahnya komponen serat sekunder di dalam campuran, seharusnya diikuti dengan peningkatan jumlah bahan dari yang ditambahkan sehingga

permukaan serat yang ada dapat berinteraksi sempurna dengan AKD.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa adanya SWL hasil *biodeinking* maksimum 30% di dalam lembaran masih dapat memenuhi nilai standar Cobb<sub>60</sub> yang dipersyaratkan yakni antara 20 – 30 g/m<sup>2</sup>. Agar nilai daya serap air kertas pada variasi campuran SWL >30% dapat memenuhi nilai standar maka jumlah AKD yang ditambahkan harus lebih banyak daripada yang digunakan pada percobaan ini, atau >0,83%.



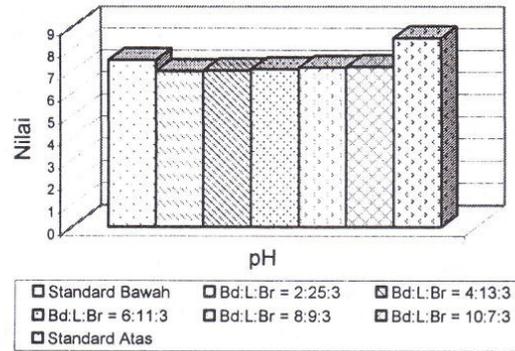
Gambar 9. Hasil Uji Daya Serap Air (Cobb<sub>60</sub>) Lembaran pada Berbagai Komposisi *Biodeinked Pulp*

#### f. pH

Penetapan parameter pH pada kertas cetak diperlukan untuk mewakili sifat permanensi. Kertas dengan pH lebih tinggi lebih tahan terhadap pengaruh oksidasi sehingga tidak berwarna kekuningan akibat penyimpanan dalam jangka waktu lama.

Pengendalian pH pada percobaan ini sangat dipengaruhi oleh jumlah bahan pengisi yang ditambahkan, sistem/mechanisme dan jumlah penambahan bahan peretensi, serta kandungan serat halus dalam stok. Secara menyeluruh hasil percobaan (Gambar 10) belum memenuhi nilai standar yaitu 7,5 – 8,5. Hal ini kemungkinan disebabkan karena bahan peretensi yang ditambahkan kurang memadai untuk mengikat jumlah bahan pengisi yang ditambahkan dan kandungan serat halus dalam stok, sehingga tidak seluruh bahan pengisi yang ditambahkan tertahan di dalam jalinan serat.

Sebagaimana diketahui kalsium karbonat berfungsi sebagai bahan pengisi sekaligus pengendali pH untuk efektifitas pengendapan bahan dari AKD. Walaupun belum memenuhi standar, pH lembaran dalam kondisi netral atau sedikit alkali, sehingga dapat dikatakan memiliki permanensi yang lebih baik dibanding kertas asam dengan pH 4,5 – 5,5.



Gambar 10. Hasil Uji pH Lembaran pada Berbagai Komposisi *Biodeinked Pulp*

## KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang dimulai dari tahap *biodeinking* sampai pembuatan kertas dari campuran pulp SWL hasil *biodeinking* kombinasi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan kombinasi selulase dan surfaktan pada proses *deinking* SWL adalah efektif di dalam tahap pelepasan tinta dari serat.
- Waktu yang lebih singkat, stok dengan derajat giling lebih tinggi memberikan kualitas hasil *deinking* lebih baik.
- Proses *biodeinking* dengan kondisi derajat giling 26 °SR, waktu 2 jam dan dosis enzim-surfaktan 0,4% - 0,1% masing-masing terhadap berat kering serat memberikan kualitas optimum ditinjau dari penurunan noda paling tinggi yaitu 87%, peningkatan derajat putih sebesar 5 poin. Pulp yang dihasilkan juga mengalami peningkatan sifat ketahanan tarik dan sobek dibanding blanko.
- Pembuatan kertas cetak dari campuran pulp SWL hasil *biodeinking* terpilih (kualitas optimum) dengan LBKP dan *broke* memberikan gambaran bahwa:
  - a. Semakin tinggi kandungan SWL hasil *biodeinking*, lembaran semakin *bulky* sehingga untuk menurunkannya sampai tingkat yang diinginkan diperlukan beban pengempaan yang lebih tinggi.
  - b. Semakin tinggi kandungan SWL hasil *biodeinking*, lembaran memberikan nilai derajat putih dan opasitas yang semakin tinggi.
  - c. Semakin tinggi kandungan SWL hasil *biodeinking* maka daya serap air (nilai Cobb<sub>60</sub>) lembaran semakin tinggi.

- d. Variasi kandungan SWL hasil *biodeinking* tidak berpengaruh nyata pada keasaman (pH) kertas yang dihasilkan. Derajat putih lembaran yang dihasilkan dari semua variasi komposisi masih berada dibawah nilai standar (93 – 95 %ISO).
- Penambahan SWL hasil *biodeinking* minimum 20% menghasilkan opasitas yang dapat memenuhi standar (86 – 89%).
  - Penambahan SWL hasil *biodeinking* maksimum 30% menghasilkan daya serap air (Cobb<sub>60</sub>) yang dapat memenuhi standar (20 – 30 g/m<sup>2</sup>).
  - pH lembaran yang dihasilkan bersifat netral atau sedikit alkali; belum memenuhi standar kertas alkali, yaitu 7,5 – 8,5.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basuki M.N., 2002. "*Kertas Bekas Kantor Sebagai Bahan Baku Kertas Tulis-Cetak*", Prosiding Seminar Teknologi Selulosa, Bandung.
- Jill M. Jobbis and Neal E. Franks, 1997. "*Enzymatic Deinking of Mixed Office Waste: Process Condition Optimization*", TAPPI Journal, vol. 80: No. 9
- Kleinau, J.H., 1987. "Secondary Fiber and Recycling", didalam M.J Kocurek (ed). *Pulp and Paper Manufacture*, Vol. 3, Secondary Fiber and Non Wood Pulping, Joint Text Book Committee of The Paper Industries, Canada.
- Lee C.K., Darah I., Ibrahim C.O., 2006. "*Enzymatic Deinking of Laser Printed Office Waste Papers: Some Governing Parameters on Deinking Efficiency*", Fermentation and Enzyme Technology Laboratory, School of Biological Sciences, Universiti Sains Malaysia, Minden, 11800, Penang, Malaysia, <http://www.sciencedirect.com/science>,
- Mc. Kinney, R.W.J., 1995. "*Technology of Paper Recycling*", Blackie Academic & Professional, An Imprint of Chapman and Hall.
- Pratima Bajpai and Pramod K. Bajpai, 1998. "*Deinking with Enzyme: A Riview*", TAPPI Journal vol. 81: No. 12.
- Rismijana J., Iin Naomi I., Tutus P., 2003. "*Penggunaan Enzim Selulase-Hemiselulase pada Proses Deinking Kertas Koran Bekas*", Jurnal Matematika dan Sains, Vol. 8, No. 2, Juni