

# **BIODEINKING MENGGUNAKAN ENZIM XILANASE DAN ENZIM LIPASE PADA DEINKING PULP**

Nabila Ramadhani<sup>1</sup>, Rachmawati Apriani<sup>2</sup>, Witono Basuki<sup>3</sup>

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas ITS  
Jl. Ganesha Boulevard, Lot-A 1 CBD Kota Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi

Email: nabilaarmdhani@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Biodeinking* merupakan proses penghilangan tinta pada kertas menggunakan enzim. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan enzim xilanase dan lipase terhadap proses *deinking pulp* dan mempelajari dan memperoleh kondisi optimum proses *biodeinking* menggunakan enzim xilanase dan lipase dengan melalui tahapan proses reaksi enzimasi, pengenceran, flotasi dan pencucian. *Pulp* yang dihasilkan dibuat lembaran dan dilakukan pengujian sifat optik kertas.

Pada penelitian menggunakan enzim xilanase dan lipase dengan dosis 100;200;300;400;500 ppm kering *pulp* diaplikasikan pada *stock deinking* yang diambil dari *beltpress process* dan dibandingkan dengan blank. *Deinked pulp* yang diperoleh kemudian dibuat lembaran tangan laboratorium untuk pengecekan sifat optik kertas. Berdasarkan percobaan, pada dosis optimum xilanase dan lipase 300 ppm kering *pulp* diperoleh kenaikan derajat cerah ISO maksimum sebesar 1,75% dan penurunan jumlah tinta 59,04% dengan waktu reaksi optimum yang diperoleh yaitu selama 60 menit. Hal ini sejalan dengan penambahan dosis enzim, dapat menurunkan jumlah tinta pada lembar kertas sehingga dapat meningkatkan derajat cerah ISO pada kertas.

Kata kunci : *biodeinking*, sifat optik kertas, enzim, derajat cerah (*brightness*), *deinking pulp*

## **ABSTRACT**

*Biodeinking is the process of removing ink on paper using enzymes. This research was conducted to determine the effectiveness of the use of xylanase and lipase enzymes on the pulp deinking process and study and obtain the optimum conditions for the biodeinking process using xylanase and lipase enzymes through the stages of the enzyme reaction process, dilution, flotation and washing leaching. The pulp produced is made of sheets and tested for optical properties of paper.*

*In this research using xylanase and lipase enzymes at doses of 100, 200, 300, 400, 500 ppm dry pulp applied to the stock deinking taken from the beltpress process and compared with blanks. The deinked pulp obtained is then made into a laboratory hand sheet for checking the optical properties of the paper. Based on experiments, at the optimum dose of xylanase and lipase 300 ppm dry pulp obtained an increase in the ISO degree of maximum brightness of 1.75% and a decrease in the amount of ink 59.04% with a maximum reaction time used is 60 minutes. This is in line with the addition of enzyme doses, can reduce the amount of ink on a sheet of paper so as to increase the ISO brightness on paper.*

*Keywords: biodeinking, optical properties of paper, enzymes, brightness, deinking pulp*

## PENDAHULUAN

Daur ulang kertas merupakan proses pengolahan kembali kertas bekas sebagai bahan baku dalam proses pembuatan kertas yang baru. Kertas bekas masih memiliki serat yang sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas, serat dari kertas bekas tersebut merupakan serat sekunder (*secondary fiber*) yaitu serat yang sudah mengalami proses pengolahan. Di mana kertas bekas ini juga sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan *pulp* asli (*virgin pulp*) yang akan berakibat pada penurunan biaya produksi. Kertas bekas yang biasa digunakan pada proses daur ulang berupa kertas HVS, NCR (*Non Carbon Required Paper*), *ivory*, dan jenis kertas lainnya.

Pada kertas bekas masih memiliki kontaminan yang harus dihilangkan seperti, tinta, minyak, lem (perekat) dan partikel lain yang akan mengganggu proses daur ulang itu sendiri dan akan berpengaruh dengan kertas yang dihasilkan. Pada penelitian ini akan berfokus pada proses penghilangan tinta pada proses *deinking* pada kertas bekas. 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. (J Rismijana, 2017).

Zat pembawa pigmen tersebut dapat disabunkan dengan alkali untuk melepaskan pigmen sehingga partikel karbon pecah menjadi partikel-partikel halus yang dapat dihilangkan secara efisien dengan proses *deinking* konvensional yakni cara flotasi atau *washing*. Dengan perkembangan dalam bidang bioteknologi, *biodeinking* semakin diminati dengan penggunaan enzim selulase dan

hemiselulase untuk menghilangkan kontaminan tinta dari kertas bekas karena lebih ramah lingkungan dan tidak banyak limbah dari penggunaan bahan kimia. (J Rismijana, 2003).

Tantangan utama penggunaan kertas daur ulang adalah memisahkan tinta dari serat. Proses pemisahan tinta dari permukaan kertas tersebut dikenal sebagai *deinking*. Pada *deinking* konvensional, bahan kimia digunakan untuk melepaskan tinta pada permukaan serat dan memperbaiki kualitas kertas daur ulang. Bahan kimia tersebut antara lain natrium hidroksida, natrium silikat, hidrogen peroksida, pelarut, dan surfaktan. Penggunaan bahan kimia pada proses *deinking* konvensional menyebabkan beban IPAL dan biaya pengolahan air limbah menjadi meningkat. Selain itu, kekuatan kertas yang dihasilkan akan menurun (Wirawan, 2008)

*Deinking* menggunakan enzim atau disebut sebagai *biodeinking* dikembangkan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia pada proses *deinking* konvensional (Saxena and Singh Chauhan, 2017). Hasil penelitian menunjukkan, aplikasi enzim pada proses *deinking* dapat menurunkan noda dan meningkatkan derajat cerah *pulp*. Dari penjelasan di atas yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian dengan judul “*Biodeinking Menggunakan Enzim Xilanase Dan Enzim Lipase Pada Deinking pulp*” yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia pada industri pulp dan kertas, terutama pada proses *deinking pulp* yaitu enzim digunakan sebagai penghilang tinta pada proses tersebut.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Kertas Bekas (*Waste Paper*)

Kertas bekas (*waste paper*) merupakan limbah kertas yang sudah tidak digunakan lagi dan menjadi sampah. Menurut Pratima Bajpai (2014), kertas bekas merupakan bahan penting yang digunakan secara berkelanjutan untuk produksi kertas dan sebagai bahan serat yang banyak. Bahan dasar kertas bekas adalah kayu yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selain itu juga terdapat bahan kimia kertas. Serat sekunder (*secondary fiber*) didefinisikan sebagai material serat yang telah digunakan pada suatu proses manufaktur dan telah didaur-ulang yang digunakan sebagai bahan baku untuk proses manufaktur produk lainnya. Serat-serat sekunder merujuk kepada

kertas-kertas daur ulang (G.A. Smook, 1989). Salah satu alternatif untuk mengatasi kelangkaan dan semakin mahalnya bahan baku kertas dari *pulp* asli (*virgin pulp*), yaitu dengan pemakaian kembali kertas bekas sebagai bahan baku kertas. Untuk memperoleh serat dari kertas bekas biasanya dilakukan melalui proses *deinking* yaitu proses penghilangan tinta dari serat dan dilakukan proses *bleaching*.

### **Proses Deinking**

Menurut Altieri (1969), *deinking* berarti proses penghilangan tinta dan objek non-serat lainnya dari buburan kertas bekas. Proses *deinking* menurut Smook (2002) terdiri dari beberapa tahapan antara lain: *repulping*, *contaminant removal*, *ink removal* dan *bleaching*.

*Repulping* adalah tahap pertama pada proses *deinking*. Pada tahap ini kertas yang akan diolah mendisintegrasikan serat-serat serta memecah partikel tinta yang menempel pada permukaan kertas menjadi ukuran yang lebih kecil agar dapat dihilangkan dengan lebih mudah pada tahapan selanjutnya.

*Contaminant removal* adalah tahap untuk menghilangkan material pengotor yang ikut masuk bersamaan dengan kertas bekas dengan cara memisahkan antara serat dan material pengotor tersebut melalui beberapa cara seperti *screening* dan *cleaning*, yaitu pemisahan antara pengotor dan serat berdasarkan ukuran partikel dan berat jenisnya.

*Ink removal* merupakan tahap di mana serat yang telah dipisahkan dari pengotor-pengotornya akan dipisahkan lagi dengan sisa pengotornya yang bersifat hidrofobik, seperti partikel tinta. Proses ini disebut sebagai proses flotasi. Flotasi merupakan penghilangan tinta terhadap serat dilakukan dengan cara memisahkannya memakai bahan kimia. Menurut (Jonson, 1992) mekanisme flotasi merupakan peristiwa tabrakan antar partikel udara dan penghilangan busa gelembung udara yang berlapis tinta, agar tinta dapat dengan mudah dibuang, partikel-partikel tinta harus kontak dengan bahan kolektor dan selanjutnya kontak dengan gelembung udara, sehingga terjadi penggumpalan tinta.

Penggumpalan tinta ini selanjutnya membentuk partikel yang lebih besar sehingga tinta mudah menempel pada gelembung udara yang naik ke permukaan suspensi. Ukuran dan jumlah udara akan menentukan efisiensi proses flotasi karena gelembung-gelembung udara

bergerak untuk mengangkat partikel-partikel tinta dan bahan pengisi ke permukaan suspensi. Ukuran dan jumlah gelembung udara dipengaruhi oleh kuantitas udara yang dimasukkan ke dalam sistem. Terlalu banyak udara yang dimasukkan ke dalam sistem akan dapat menyebabkan gangguan pada permukaan cairan sehingga menghalangi pembentukan busa yang stabil yang mendorong pemisahan partikel (Raimondo, 1967).

*Bleaching* atau pemutihan diperlukan dalam produksi *grade* kertas putih yang membutuhkan sifat optik yang lebih tinggi seperti *high brightness*, *low sticky content*, dan *low speck*. Beberapa bahan *bleaching* yang biasa digunakan seperti: *oxygen* dan *ozone*, *Hydrogen Peroxide*, *Formamidine Sulfinic Acid* dan *Sodium Hydrosulfit*.

### **Biodeinking**

*Biodeinking* merupakan proses pelepasan tinta atau biasa disebut dengan *deinking* menggunakan enzim guna dalam pengoptimalan pelepasan partikel tinta tanpa merusak serat, *biodeinking* dikembangkan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia pada proses *deinking*. Menurut Lasus (2000) enzim-enzim yang berguna dalam proses *deinking* adalah lipase, esterase, pektinase, hemiselulase, selulase dan enzim lignolitik. Proses *deinking* melibatkan proses pelepasan partikel tinta dari permukaan serat yang kemudian memisahkan tinta yang sudah terdispersi dengan suspensi serat dengan cara pencucian atau pun proses flotasi. Proses *deinking* yang melibatkan enzim diperoleh dengan cara menyerang partikel tinta dan permukaan serat. Lipase dan esterase dapat mendegradasi tinta-tinta yang berbahan dasar minyak, sedangkan pektinase, selulase dan hemiselulase dapat menyerang permukaan serat sehingga memudahkan pelepasan tinta dari permukaan serat.

Menurut wirawan (2008), mekanisme dari kerja enzim dalam proses *deinking*, adalah:

- a. Enzim menghidrolisis dan mendepolimerisasi selulosa antar serat, sehingga dapat memisahkan antar serat yang satu dengan yang lain.
- b. Enzim memperlemah ikatan antar serat dengan cara meningkatkan fibrilasi atau menghilangkan lapisan permukaan dari serat individu.
- c. Enzim menimbulkan efek pengelupasan pada permukaan serat sehingga

memudahkan proses pemisahan partikel tinta dari serat

### Enzim

Enzim merupakan katalisator dalam suatu reaksi kimia dan setiap enzim memiliki kemampuan spesifik untuk mengubah molekul tertentu yang membantu percepatan reaksi biologis. Enzim adalah bahan kimia yang dihasilkan mikroorganisme untuk meningkatkan kecepatan reaksi menuju keadaan keseimbangan reaksi kimia, sehingga sifat termodinamika sistem tidak berubah. (Rismijana, Naomi, Pitriyani, 2003).

Enzim memiliki beberapa sifat sebagai berikut:

1. Biokatalisator yaitu memiliki sifat untuk mengubah kecepatan reaksi dengan menggunakan energi
2. Bekerja spesifik, yaitu hanya bekerja pada substrat yang spesifik untuk membentuk produk yang spesifik
3. Bersifat bolak-balik, yaitu dapat melakukan reaksi dua arah dan substrat menjadi produk/substrat.
4. Menyerupai protein, yaitu bekerja pada suhu optimum, kinerja menurun pada kondisi asam kuat dan basa kuat, kinerja menurun pada pelarut organik, terdenaturasi pada suhu panas, dan dipengaruhi pada aktifator (pemicu), inhibitor (penghambat) dan konsentrasi substrat.

Menurut Pathak (2010), enzim yang sering digunakan di industri *pulp* dan kertas adalah amilase, lipase, esterase, pektinase, hemiselulase, selulase dan enzim-enzim ligninolitik. Pada proses *deinking* penggunaan enzim pada prinsipnya terdiri dari dua metode, yaitu hidrolisa dari zat pembawa tinta dengan menggunakan enzim lipase, kemudian yang kedua adalah hidrolisa karbohidrat (serat) sehingga partikel tinta mudah terlepas dari permukaan serat, menggunakan enzim amylase, selulase, xilanase, maupun pektinase.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *stock pulp deinking*, NaOH 1%, *fresh water*, *aquadest*, dispersan 1%, surfaktan 2%, enzim xilanase dan enzim lipase. Variabel bebas yang digunakan yaitu variasi dosis enzim xilanase dan lipase 100;200;300;400;500 ppm, variasi waktu 60 dan 120 menit dan juga

dilakukan perbandingan atau perbedaan perlakuan yaitu penggunaan enzim xilanase dan lipase 300ppm dengan dispersan 1% dan juga pengaruh penambahan NaOH 1% terhadap masing-masing perlakuan. Variabel kontrol yang digunakan yaitu dispersan 1%, NaOH 1%, suhu reaksi 70-80°C, waktu reaksi 60 menit, surfaktan 25, waktu flotasi 30 menit, dan waktu pencucian 5 menit. Dengan variabel terikat *brightness*, jumlah tinta dan opasitas.

### Metode

Penelitian ini dilakukan dengan 3 penelitian utama, yaitu variasi dosis, variasi waktu reaksi dan perbandingan perbedaan perlakuan. Uraian dari masing-masing penelitian sebagai berikut:

#### 1. Penelitian Variasi Dosis

Penambahan enzim xilanase dilakukan pada saat sebelum flotasi dengan masing-masing sampel ditambahkan dosis 100;200;300;400; 500 ppm dan masing-masing sampel ditambahkan dengan NaOH 1% untuk mengondisikan *stock* dalam keadaan alkali agar enzim dapat aktif dan bekerja, proses enzimasi ini dilakukan selama 60 menit dengan suhu reaksi 70-80°C. setelah proses enzimasi dengan xilanase, sampel *stock* mengalami proses flotasi dengan menambahkan surfaktan 2% selama 30 menit. Setelah dilakukan proses flotasi sampel dicuci menggunakan *fresh water* selama 5 menit dan diteruskan dengan penambahan enzim lipase masing-masing sampel ditambah dengan dosis 100;200;300;400;500 ppm, proses enzimasi ini dilakukan selama 60 menit dengan suhu reaksi 70-80°C setelah mengalami proses enzimasi, sampel dicuci dengan waktu 5 menit dengan *fresh water*, dan diteruskan dengan pembuatan *handsheet*. Dan dilakukan pengecekan *optical properties* pada *handsheet*.

#### 2. Penelitian Variasi Waktu Reaksi.

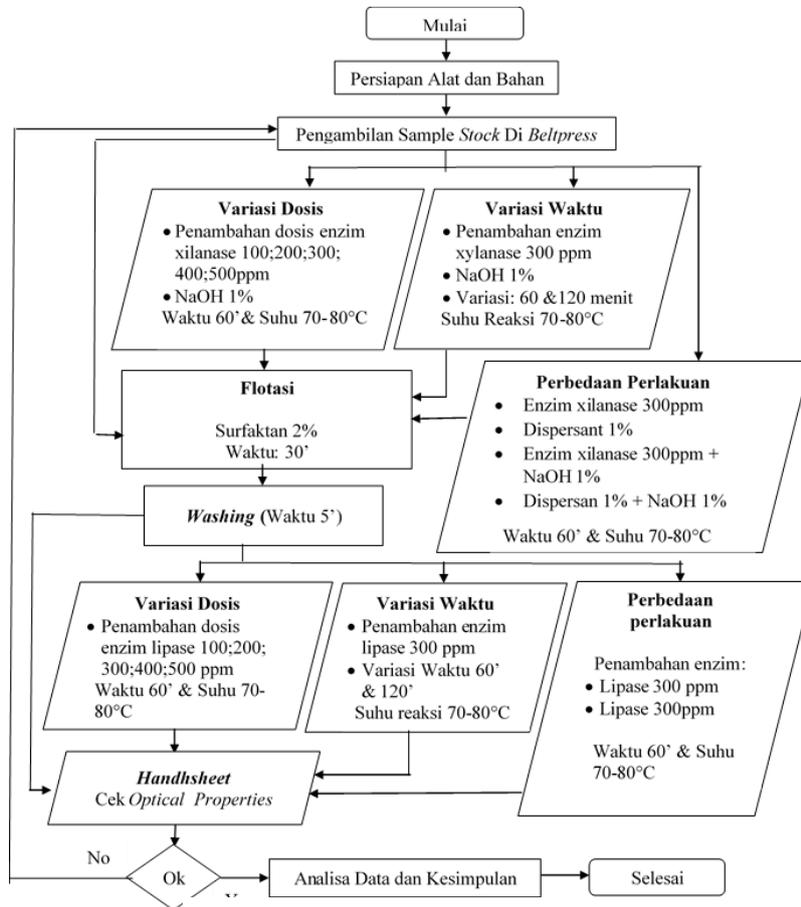
Penelitian ini bertujuan untuk mencari waktu optimum reaksi enzimasi pada proses *biodeinking*, dengan variasi waktu 60 dan 120 menit Masing-masing sampel ditambah dengan dosis optimum enzim xilanase 300ppm dengan NaOH 1% untuk mengondisikan *stock* dalam keadaan alkali agar enzim dapat aktif dan bekerja, proses enzimasi ini dilakukan dengan suhu reaksi 70-80°C. Setelah proses enzimasi dengan xilanase, sampel *stock* mengalami proses flotasi dengan menambahkan surfaktan 2% selama 30 menit. Setelah dilakukan proses flotasi sampel dicuci menggunakan *fresh water* selama 5 menit dan diteruskan dengan

penambahan enzim lipase 300ppm dengan masing-masing sampel direaksikan selama 60 dan 120 menit proses enzimasi ini dilakukan dengan suhu reaksi 70-80°C setelah mengalami proses enzimasi, sampel dicuci dengan waktu 5 menit dengan *fresh water*, dan diteruskan dengan pembuatan *handsheet*. Dan dilakukan pengecekan *optical properties* pada *handsheet*.

### 3. Perbandingan Perbedaan Perlakuan

Penelitian kali ini bertujuan untuk melihat perbedaan penggunaan dispersan dengan enzim dan juga melihat pengaruh penambahan NaOH terhadap keduanya. Masing-masing sampel ditambah dengan Dispersan 1%, Enzim xilanase 300ppm, Dispersan 1% dan NaOH dan Enzim xilanase 300ppm dan NaOH 1%, masing-masing sampel direaksikan selama 60 menit dengan suhu reaksi 70-80°C.

Setelah itu sampel *stock* mengalami proses flotasi dengan menambahkan surfaktan 2% selama 30 menit. Setelah dilakukan proses flotasi sampel dicuci menggunakan *fresh water* selama 5 menit dan diteruskan dengan penambahan enzim lipase 300ppm pada sampel yang pada awal reaksi ditambah dengan enzim xilanase, dengan masing-masing sampel direaksikan selama 60 menit dengan suhu reaksi 70-80°C setelah mengalami proses enzimasi, sampel dicuci dengan waktu 5 menit dengan *fresh water* lalu masuk ke tahap pembuatan *handsheet*. Sedangkan untuk sampel yang tidak ditambah dengan enzim setelah proses flotasi langsung masuk ke tahap pembuatan *handsheet*. Dan dilakukan pengecekan *optical properties* pada *handsheet*.



Gambar 1. Diagram Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian pH

Percobaan pada penelitian yang dilakukan dengan menggunakan derajat keasaman (pH) sebagai acuan nilai yang harus dijaga, terutama di proses penambahan enzim, *stock* yang akan direaksikan dengan enzim harus berada dalam kondisi alkali agar enzim bisa bekerja dengan optimal. Pada penelitian ini *stock* direaksikan dengan NaOH hal ini dilakukan untuk meningkatkan nilai pH pada *stock* dan juga dapat memberikan efek *swelling* pada serat, serat akan mengembang dengan begitu akan mempermudah proses pelepasan tinta pada serat.

Pada percobaan ini terdapat beberapa tahap yang perlu dilakukan pengecekan kadar pH. Adapun nilai pH percobaan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian pH

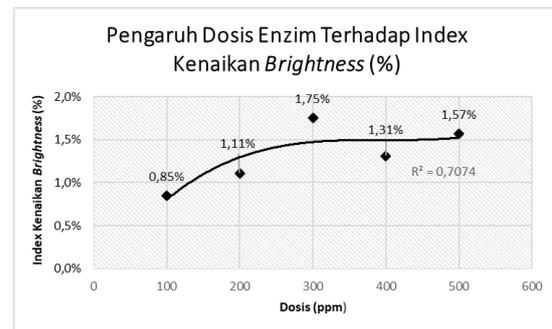
Penelitian	pH <i>Stock</i>	pH Setelah Penambahan NaOH	pH Setelah Washing
Variasi Dosis	8,0	10,54	7,8
		9,7	7,5
		9,8	7,6
		9,8	7,5
		9,6	7,5
Variasi Waktu	8,5	9,7	7,3
		9,8	7,4
		9,5	7,3
Perbedaan Perlakuan	8,4	9,7	7,5
		9,8	7,6
		9,4	7,5
		9,5	7,3
		9,5	7,2

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa kondisi pH *stock* sebelum penambahan NaOH bernilai 8,0-8,5 yakni dalam kondisi alkali, akan tetapi pH pada *stock* masih belum mencapai *range* pH yang dibutuhkan dalam proses penambahan enzim yakni pada nilai pH 9-11. Oleh sebab itu perlu dilakukan penambahan bahan kimia untuk meningkatkan nilai pH yakni NaOH, NaOH pada proses *deinking* digunakan sebagai bahan kimia yang akan mempermudah proses pelepasan tinta pada proses flotasi, meningkatkan nilai derajat putih pada *stock*, membantu meningkatkan kinerja *bleaching agent* pada proses *bleaching* dan juga menjaga keadaan mesin untuk menghindari terjadinya oksidasi pada mesin (korosi) sehingga diperlukan menjaga kondisi *stock* tetap alkali. Setelah penambahan NaOH

*stock* sudah masuk dalam *range* yang ditentukan yaitu 9,5-10,54, sehingga enzim dapat bekerja dengan optimal dengan dibarengi menjaga suhu *stock* agar tetap stabil.

Setelah mengalami proses flotasi, *stock* akan dicuci untuk mengurangi kotoran yang masih tersisa pada *stock* sehingga pH *stock* netral sekitar 7,2-7,8. Apabila akan dilanjutkan pada proses *bleaching*, maka perlu ditambah dengan NaOH kembali untuk meningkatkan kinerja *bleaching agent* pada proses *bleaching*.

### 2. Pengaruh Dosis Terhadap Nilai Brightness



Gambar 2. Grafik Pengaruh Dosis Terhadap Brightness

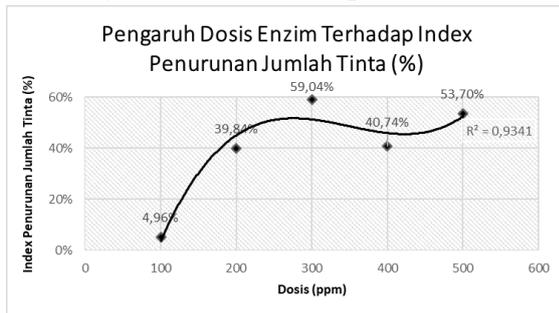
Pada gambar 1 terlihat bahwa penambahan enzim pada *deinking stock* dapat mempengaruhi nilai *brightness* pada lembar kertas yang dihasilkan. Setiap penambahan dosis dapat meningkatkan nilai *brightness* yang signifikan yakni sampai pada dosis 300 ppm dan mengalami penurunan nilai *brightness* pada penambahan dosis berikutnya. Pada dosis 100 ppm *brightness* meningkat hingga 0,85%, hal ini juga terjadi pada dosis 200 dan 300 ppm, di mana *brightness* pada kertas mengalami peningkatan hingga 1,11% dan 1,75%. Namun, pada penambahan enzim dengan dosis 400 ppm dan 500 ppm, *brightness* mengalami penurunan dari nilai sebelumnya yaitu 1,31% dan 1,57%.

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan enzim pada proses *deinking* dapat menyebabkan hidrolisis pada serat selulosa sehingga dapat mempermudah proses pelepasan tinta pada permukaan serat. Lepasnya tinta pada permukaan serat dapat menyebabkan peningkatan nilai *brightness*. Namun, peningkatan nilai *brightness* hanya sampai pada batas dosis optimal yaitu dosis 300 ppm dengan nilai indeks kenaikan 1,75%.

Dengan menambahkan dosis enzim yang tepat akan mempengaruhi kenaikan nilai *brightness* yang signifikan hal ini dapat dilihat

pada grafik di atas, namun apabila penggunaan dosis berlebih akan mengakibatkan penurunan nilai *brightness* hal ini disebabkan karena sifat enzim yang dapat mendegradasi tinta maupun lapisan terluar dari serat, dengan begitu apabila penggunaan enzim tidak terkontrol atau berlebihan akan memungkinkan untuk enzim lebih banyak mendegradasi serat sehingga tinta akan lebih banyak menyebar dan tidak hilang pada saat proses flotasi dengan begitu akan mengakibatkan turunnya nilai *brightness* pada kertas.

### 3. Pengaruh Dosis Terhadap Jumlah Tinta



**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Dosis Terhadap Jumlah Tinta

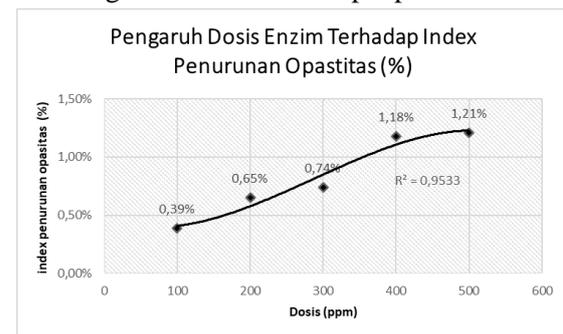
Pada gambar 2 terlihat bahwa penambahan enzim pada *deinking pulp* dapat mempengaruhi jumlah tinta pada lembar kertas yang dihasilkan. Setiap penambahan dosis dapat menurunkan jumlah tinta yang signifikan pada lembar kertas yang dihasilkan yakni hingga dosis 300 ppm dan mengalami kenaikan jumlah tinta pada penambahan dosis berikutnya. Pada dosis 100 ppm jumlah tinta turun 4,96% hal ini juga terjadi pada dosis 200 dan 300 ppm, dengan jumlah tinta pada kertas mengalami penurunan hingga 39,84% dan 59,04%. Namun, pada penambahan enzim dengan dosis 400ppm dan 500ppm, penurunan jumlah tinta tidak stabil, dengan nilai penurunan 40,74% dan 53,70%.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan enzim dapat menurunkan jumlah tinta pada lembar kertas, akan tetapi jumlah tinta kembali meningkat atau penurunannya tidak stabil dapat disebabkan dengan semakin banyak penambahan enzim maka permukaan serat terutama permukaan yang terdekat dengan tinta terdegradasi semakin banyak sehingga akan berakibat pada banyaknya tinta yang terlepas pada serat, sehingga efektivitas dari flotasi akan menurun. Dengan begitu didapatkan nilai optimum pada dosis 300ppm

dengan penurunan jumlah tinta mencapai 59,04%, nilai persentase penurunan paling tinggi apabila dibandingkan dengan dosis-dosis yang lain.

Hal ini berkaitan dengan nilai *brightness* pada pengecekan parameter sebelumnya, yang menyebutkan bahwa nilai *brightness* tertinggi didapatkan pada dosis 300ppm, hal ini dipengaruhi dengan jumlah tinta pada kertas rendah. Jadi, jumlah tinta sangat berpengaruh pada nilai *brightness* yang dihasilkan. Dengan menambahkan dosis enzim yang tepat akan mempengaruhi penurunan jumlah tinta yang signifikan pada lembar kertas yang dihasilkan hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2, namun dengan penggunaan dosis berlebih dapat mengakibatkan kenaikan jumlah tinta pada lembar kertas. Seperti yang sudah dijelaskan, semakin banyaknya tinta yang terlepas akan menurunkan efektivitas proses pelepasan tinta pada flotator, dan hanya akan menyebabkan tinta mengalami redeposisi.

### 4. Pengaruh Dosis Terhadap Opasitas

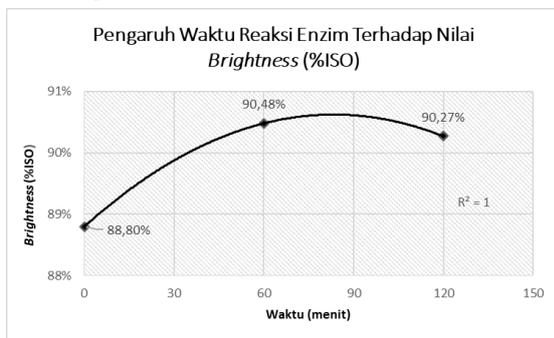


**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Dosis Terhadap Nilai Opasitas

Pada gambar 3 terlihat bahwa penambahan enzim pada *deinking pulp* dapat mempengaruhi nilai opasitas pada lembar kertas yang dihasilkan. Setiap penambahan dosis dapat menurunkan nilai opasitas yang signifikan pada lembar kertas yang dihasilkan. Terlihat pada grafik di atas semakin bertambahnya dosis yang digunakan, nilai opasitas yang dihasilkan akan terus mengalami penurunan. Terlihat pada dosis 100ppm penurunan nilai opasitas 0,39%, dilanjutkan dengan dosis 200ppm nilai opasitas turun 0,65%, hal ini juga terjadi pada penambahan dosis 300;400;500 ppm dengan nilai penurunan 0,74;1,18;1,21%. Dengan ini penurunan nilai opasitas paling tinggi terjadi pada dosis 500ppm dan penurunan opasitas paling rendah terjadi pada dosis 100ppm.

Hal ini disebabkan hidrolisis pada serat yang dapat meningkatkan fibrilasi permukaan serat (Gil et al., 2013) dan juga dikarenakan dengan penambahan selulase, efek enzimasinya 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 (Wirawan, Rismijana dan Hidayat, 2008).

#### 5. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Nilai *Brightness*



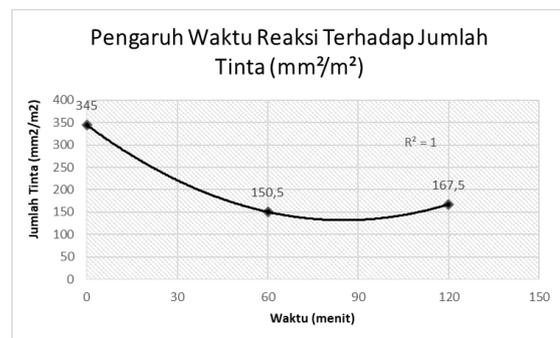
**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap *Brightness*

Pada gambar 4 terlihat bahwa waktu reaksi enzim dengan *deinking pulp* dapat mempengaruhi nilai *brightness* pada lembar kertas yang dihasilkan. Pada blank atau tanpa perlakuan memiliki nilai *brightness* 88,80%, sedangkan pada waktu reaksi 60 dan 120 menit *brightness* mengalami kenaikan yaitu 90,48% dan 90,27%. Adanya peningkatan nilai *brightness* pada setiap waktu reaksi, yaitu pada waktu 60 menit *brightness* meningkat 1,68 poin dan pada waktu 120 menit *brightness* meningkat 1,47 poin dari blank, dengan ini dapat disimpulkan bahwa enzim memerlukan waktu untuk bereaksi dengan serat maupun tinta, sehingga proses pelepasan tinta menggunakan enzim ini bekerja dengan optimal.

Nilai *brightness* pada waktu reaksi 60 menit lebih tinggi apabila dibandingkan dengan waktu reaksi 120 menit, dengan selisih 0,21 poin. Sehingga waktu optimum reaksi enzim yaitu 60 menit dengan nilai *brightness* 90,48%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan, dengan penambahan dosis enzim yang tepat akan mempengaruhi kenaikan nilai *brightness* yang

signifikan hal ini dapat dilihat pada grafik di atas, namun apabila waktu enzimasinya terlalu lama akan mengakibatkan penurunan nilai *brightness*, hal ini disebabkan karena sifat enzim yang dapat mendegradasi tinta maupun lapisan terluar dari serat, dengan begitu apabila penggunaan enzim tidak terkontrol akan memungkinkan untuk enzim lebih banyak mendegradasi serat sehingga tinta akan lebih banyak menyebar dan tidak hilang pada saat proses flotasi dengan begitu akan mengakibatkan turunnya nilai *brightness* pada kertas.

#### 6. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Jumlah Tinta



**Gambar 6.** Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Jumlah Tinta

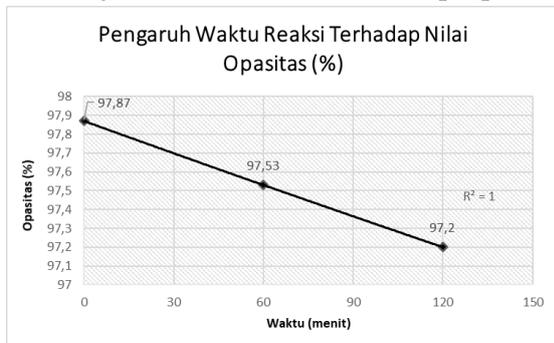
Pada gambar 4.5 terlihat bahwa waktu reaksi enzim dengan *deinking pulp* dapat mempengaruhi nilai *brightness* pada lembar kertas yang dihasilkan. Pada blank atau tanpa perlakuan jumlah tinta pada lembar kertas yaitu 345 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, sedangkan pada waktu reaksi 60 dan 120 menit jumlah tinta mengalami penurunan yaitu 150,5 dan 167,5 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Pada waktu reaksi 60 menit, penurunan jumlah tinta pada kertas yang dihasilkan, yaitu 194,5 poin dari blank, sedangkan pada waktu reaksi 120 menit, penurunan jumlah tinta mencapai 177,5 poin. Dari hasil yang didapatkan bahwa pada waktu reaksi 60 menit memiliki jumlah tinta paling sedikit apabila dibandingkan dengan waktu reaksi 120 menit, dengan selisih 17 poin. Jadi, nilai optimum waktu reaksi enzim yaitu 60 menit dengan jumlah tinta tersisa 150,5 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

Dari data di atas diketahui bahwa waktu dapat mempengaruhi proses reaksi enzimasinya pada proses pelepasan tinta, enzim memerlukan waktu untuk mendegradasi lapisan terluar dari serat untuk mempercepat pelepasan tinta dan juga mendegradasi tinta yang terlepas pada

serat. Namun apabila proses enzimasi terlalu lama dapat memungkinkan bahwa enzim akan lebih banyak mendegradasi permukaan serat sehingga pelepasan tinta akan semakin banyak dan akan berdampak pada nilai *brightness* yang dihasilkan karena tinta akan mengalami redeposisi pada saat tinta terlepas pada serat dan akan sulit untuk dihilangkan pada saat proses flotasi.

Hal ini berkaitan dengan nilai *brightness* pada pengecekan parameter sebelumnya, yang menyebutkan bahwa nilai *brightness* tertinggi didapatkan pada waktu reaksi 60 menit, hal ini dapat dipengaruhi dengan jumlah tinta pada kertas rendah. Jadi, jumlah tinta sangat berpengaruh pada nilai *brightness* yang dihasilkan. Dengan memberikan waktu reaksi yang tepat akan mempengaruhi penurunan jumlah tinta yang signifikan pada lembar kertas yang dihasilkan hal ini dapat dilihat pada gambar 4.5, namun apabila waktu reaksi terlalu lama akan berpengaruh pada jumlah tinta yang terlepas dan mengakibatkan kenaikan jumlah tinta pada lembar kertas. Seperti yang sudah dijelaskan, semakin banyaknya tinta yang terlepas akan menurunkan efektivitas proses pelepasan tinta pada flotator, dan hanya akan menyebabkan tinta mengalami redeposisi.

## 7. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Opasitas



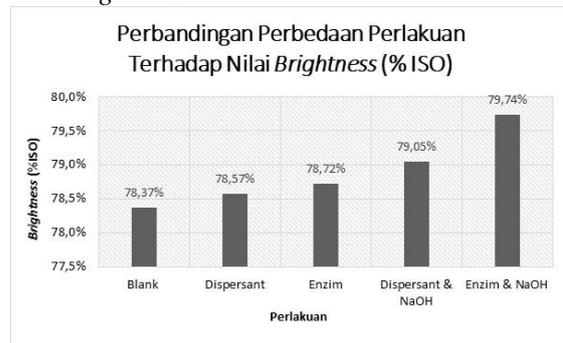
**Gambar 7.** Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Nilai Opasitas

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa waktu reaksi enzim dengan *deinking pulp* dapat mempengaruhi nilai opasitas pada lembar kertas yang dihasilkan. Pada blank atau tanpa perlakuan jumlah tinta pada lembar kertas yaitu 97,87%, sedangkan pada waktu reaksi 60 dan 120 menit jumlah tinta mengalami penurunan yaitu 97,53% dan 97,2%. Pada waktu reaksi 60 menit, penurunan jumlah tinta pada kertas yang dihasilkan, yaitu 0,35 poin dari blank, sedangkan pada waktu reaksi 120 menit, penurunan jumlah tinta mencapai 0,67 poin.

Dari hasil yang didapatkan bahwa pada waktu reaksi 120 menit memiliki jumlah tinta paling sedikit apabila dibandingkan dengan waktu reaksi 60 menit dan blank, dengan selisih 0,33 poin. Jadi, semakin lama waktu reaksi yang digunakan dalam penelitian tersebut dapat menurunkan nilai opasitas secara signifikan.

Dari data di atas diketahui bahwa waktu dapat mempengaruhi proses reaksi enzimasi pada proses pelepasan tinta, enzim memerlukan waktu untuk mendegradasi lapisan terluar dari serat untuk mempercepat pelepasan tinta dan juga mendegradasi tinta yang terlepas pada serat. Namun apabila proses enzimasi terlalu lama dapat memungkinkan bahwa enzim akan lebih banyak mendegradasi permukaan serat sehingga akan berdampak pada nilai opasitas kertas yang dihasilkan hal ini disebabkan terjadinya proses hidrolisis pada serat yang dapat meningkatkan fibrilasi permukaan serat (Gil *et al.*, 2013) dan juga dikarenakan dengan penambahan selulase, efek enzimasi 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 (Wirawan, Rismijana and Hidayat, 2008). Karena semakin rendah nilai opasitas pada kertas maka gramatur pada kertas juga akan semakin rendah, oleh sebab itu gramatur mempengaruhi nilai opasitas pada kertas.

## 8. Pengaruh Perbedaan Perlakuan Terhadap *Brightness*



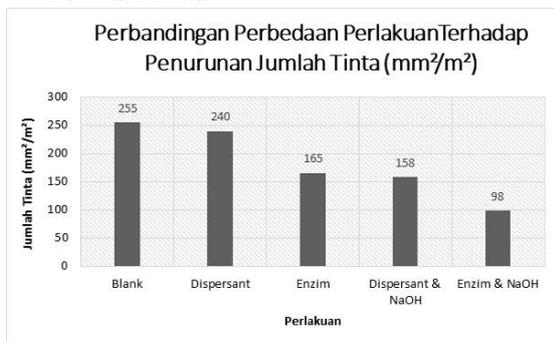
**Gambar 8.** Grafik Pengaruh Perbedaan Perlakuan terhadap Nilai *Brightness*

Pada gambar 4.7 terlihat bahwa penggunaan enzim memiliki nilai *brightness* yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan menggunakan dispersan, dan mengalami

kenaikan yang signifikan apabila masing-masing ditambahkan dengan NaOH, sehingga nilai *brightness* yang dihasilkan lebih tinggi. Blank memiliki nilai *brightness* 78,37%, *brightness* mengalami kenaikan 0,2 poin pada penambahan dispersan dengan *brightness* 78,57%, lalu pada penambahan enzim naik 0,35 poin dengan nilai *brightness* 78,72%, sedangkan pada penambahan NaOH pada dispersan dan enzim, nilai *brightness* meningkat 0,68 poin dan 1,37.

Adanya peningkatan nilai *brightness* disetiap variasi ini dikarenakan bahwa enzim memiliki efektivitas lebih tinggi dalam penghilangan tinta, sedangkan pada penambahan NaOH pada masing-masing perlakuan dapat meningkatkan nilai *brightness* yang signifikan hal ini disebabkan oleh, NaOH yang dapat meningkatkan derajat putih pada serat dan juga dapat membuat serat menjadi lebih *swelling*, atau mengalami perenggangan antar serat sehingga tinta akan lebih mudah lepas dari serat. Penggunaan enzim dengan NaOH memiliki nilai *brightness* yang tinggi bila dibandingkan dengan variasi yang lain hal ini disebabkan enzim memiliki peran sebagai pendegradasi tinta sehingga lebih cepat terbantu apabila ditambah dengan NaOH.

#### 9. Pengaruh Perbedaan Perlakuan Terhadap Jumlah Tinta



**Gambar 9.** Grafik Pengaruh Perbedaan Perlakuan Terhadap Jumlah Tinta

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa penggunaan enzim memiliki nilai jumlah tinta yang lebih rendah bila dibandingkan dengan menggunakan dispersan, dan mengalami penurunan yang signifikan apabila masing-masing ditambahkan dengan NaOH, sehingga nilai jumlah tinta yang dihasilkan lebih rendah. Blank memiliki nilai jumlah tinta 255 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, jumlah tinta mengalami penurunan 15 poin pada penambahan dispersan dengan jumlah

tinta 240 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, lalu pada penambahan enzim turun 90 poin dengan nilai *brightness* 165 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, sedangkan pada penambahan NaOH pada dispersan dan enzim, jumlah tinta menurun 97 poin dan 157 poin dengan jumlah tinta 158 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> dan 98 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

Adanya penurunan jumlah tinta pada setiap variasi ini dikarenakan bahwa enzim memiliki efektivitas lebih tinggi dalam penghilangan tinta, sedangkan pada penambahan NaOH pada masing-masing perlakuan dapat membuat serat menjadi lebih *swelling* atau mengalami perenggangan antar serat sehingga tinta akan lebih mudah lepas dari serat.

Hasil parameter ini berkaitan dengan nilai *brightness* pada pengecekan pada parameter sebelumnya, yang menyebutkan bahwa nilai *brightness* tertinggi didapatkan pada variasi 5 yaitu penambahan NaOH pada enzim, hal ini dapat dipengaruhi oleh rendahnya jumlah tinta pada lembar kertas yang dihasilkan. Jadi, jumlah tinta sangat berpengaruh pada nilai *brightness* yang dihasilkan. Dengan menambahkan NaOH yang tepat akan mempengaruhi penurunan jumlah tinta yang signifikan pada lembar kertas yang dihasilkan hal ini dapat dilihat pada gambar 8.

#### KESIMPULAN

1. Penggunaan enzim xilanase dan lipase dapat meningkatkan nilai *brightness* hingga 1,75%, dengan menurunkan jumlah tinta hingga 59,4%, dan menurunkan nilai opasitas hingga 0,74%.
2. Kondisi optimum penggunaan enzim xilanase dan lipase yaitu pada :
  - a. Dosis optimum yaitu 300ppm dengan meningkatkan nilai *brightness* 1,75%, dengan menurunkan jumlah tinta hingga 59,4% dan menurunkan nilai opasitas hingga 0,74%.
  - b. Waktu reaksi optimum yaitu pada waktu 60 menit dengan nilai *brightness* 90,48%, dengan jumlah tinta 150,5 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, dan nilai opasitas hingga 97,53%
3. Penambahan NaOH dan enzim pada *stock deinking pulp* dapat meningkatkan nilai *brightness* dan menurunkan jumlah tinta lebih efektif apabila dibandingkan dengan tanpa penambahan NaOH, dengan perbandingan nilai *brightness* 79,74% :

78,72% dan dengan perbandingan jumlah tinta  $98 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  :  $165 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ .

4. Hasil perbandingan penggunaan enzim dengan dispersan dinyatakan dalam dua parameter yaitu *brightness* dan jumlah tinta, di mana penggunaan enzim memiliki nilai *brightness* lebih tinggi dan jumlah tinta lebih rendah bila dibandingkan dengan penggunaan dispersan. Dengan perbandingan nilai *brightness* 78,72% : 78,57% dan dengan perbandingan jumlah tinta  $165 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  :  $240 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Alteri, A. d. (1969). Deinking: Control secondary fiber structural board coating. 2nd ed. Vol.II USA; McGraw-Hill Book Co.
- Ateng Suptiyatna, D. A. (Juli 2015). Aktivitas Enzim Amilase, Lipase, dan Protease Dari Larva. Volume IX No. 2, 18-32.
- Bajpai, P. (2014). Recycling and Deinking of Recovered Paper. London: Elsevier Inc.
- Chandra Apriana Purwita, S. K. (Desember 2017). *Biodeinking* Sorted White Ledger (SWL) Menggunakan Selulase. Jurnal Selulosa Vol. 7 No 2, 49-58.
- Dosanjh, N.S., dan Kaur, J. 2002. Immobilization, Stability and esterification Studies of A Lipase From Bacillus sp. Journal Biotechnology and Applied Biochemistry. Vol. 36. Hlm 7-12. Punjab University. Chandigarh.
- Gil, H. H. A. et al. (2013) 'Study of the enzymatic/neutral deinking process of waste photocopy paper', O Papel, 74(8), pp. 61–65.
- Gupta, N., Reddy, V.S., Maiti, S. dan Ghosh, A. 2000. "Cloning Expression and Sequence Analysis of the Gene Encoding the Alkali-Stable, Thermostable Endoxylanase from Alkalophilic, Mesophilic Bacillus sp. Strain NG-27". Appl. Environ. Microbiol. 66(6): 2631 - 2635.
- Jenni Rismijana, I. N. (2003). Penggunaan Enzim Selulase-Hemiselulase pada Proses Deinking Kertas Koran Bekas. Jurnal Matematika dan Sains Vol. 8 No 2, 67-71.
- Jenni Rismijana, N. E. (2017). Efektivitas *Biodeinking* pada Pengolahan Kertas. Jurnal Selulosa, 14-20.
- J.C. Roberts; 1996; Chemistry of Paper; The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House; Cambridge, UK
- Lassus A. 2000. Deinking Chemistry. Di dalam: Gullichsen J & Paulapuro H, editor. Recycled Fiber and Deinking. Papermaking Science and Technology : book 7 of 19 books series. Helsinki. Tappi Press. hlm 241- 265
- Legowo, W. P. (2018). Studi Efektifitas Bleaching  $\text{H}_2\text{O}_2$  Terhadap Sifat Optik *Deinking pulp* Dengan Variasi Proporsi Bahan Baku. Bekasi: Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sains Bandung.
- Novriyanti Hutasoit, P. T. (2015). Optimasi pH dan Suhu Pada Aktivitas Enzim Lipase Dari Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Berkapang. 95-102
- Pathak Puneet, et al.; 2010; Enzymatic deinking of office waste paper – an overview; IPPTA Journal Vol.22; No.2 April-June
- Poedjiadi, A., Supriyanti, F.M.T. 2009. Dasar-Dasar Biokimia. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Richana, N., Irawadi, T. T., Nur, A., dan Syamsu, K. 2008. Isolasi Identifikasi Bakteri Penghasil Xilanase serta Karakterisasi Enzimnya. Jurnal AgroBiogen 4(1): 24-34.
- Saxena, A. and Singh Chauhan, P. (2017) 'Role of various enzymes for deinking paper: a review', Critical Reviews in Biotechnology, pp. 598–612. doi: 10.1080/07388551.2016.1207594.
- Sijabat, M. R. (Desember 2019). Perbandingan Penggunaan Natrium Perkarbonat, Hidrogen Peroksida, Hipoklorit, dan Xilanase terhadap Sifat Optik Deinked Pulp. Jurnal Selulosa Vol. 9, No. 2, 97-106.
- Smook, G. A. (1989). Handbook for Pulp and Paper Technologists (Third Edition). Vancouver: Angus Wilde Publication Inc.
- Smook, G.A. (2002) Handbook for Pulp and Paper Technologists. 3rd Edition, Angus
- Sonny Kurnia Wirawan, J. R. (2008). Aplikasi Amilase dan Selulase pada Proses Deinking Kertas Bekas Campuran. Berita Selulosa Vol. 43 (1), 11-18.
- Sulastri Dewanti, E. A. (Desember 2014). Penghilangan Tinta Pada Kertas Thermal Bekas: Pengaruh Konsentrasi dan Konsentrasi Pendispersi Flotasi. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No. 4, 58-61.
- Trismillah dan Lutfi. 2009. Pengaruh pH terhadap proses Ultrafikasi Xilanase. Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia. 11(2): 76-83
- Yu, G., He, P., Shao, L., And Lee, D. 2007. Enzyme Activities In Activated Sludge Flocs. Applied Microbiology And Biotechnology, 77, 605-612.