

**PERAN ENZIM XILANASE SEBAGAI BIOKATALIS PROSES
REFINING PADA KERTAS BEKAS**

JURNAL TUGAS AKHIR

**AFI ALIF ADANI
012.17.037**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
JUNI 2021**

**PERAN ENZIM XILANASE SEBAGAI BIOKATALIS PROSES
REFINING PADA KERTAS BEKAS**

JURNAL TUGAS AKHIR

**AFI ALIF ADANI
012.17.037**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
JUNI 2021**

**PERAN ENZIM XILANASE SEBAGAI BIOKATALIS PROSES
REFINING PADA KERTAS BEKAS**

JURNAL TUGAS AKHIR

AFI ALIF ADANI
012.17.037

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas

Menyetujui,
Kota Deltamas, Juni 2021
Dosen Pembimbing



Nurul Ajeng Susilo, S.Si., M.T.
NIK. 1990051620170354

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.
NIK. 19680908201407442

PERAN ENZIM XILANASE SEBAGAI BIOKATALIS PROSES REFINING PADA KERTAS BEKAS

Afi Alif Adani^{1,1*}, Nurul Ajeng Susilo²

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ROLE OF XILANASE ENZYME AS A BIOCATALYST OF REFINING PROCESS IN USED PAPER

ABSTRACT

Refining is the process of applying mechanical action to the fibers so that they fibrillate in order to increase the bonding power between the fibers and optimize the physical properties of the paper (Physical Properties). The combination of the mechanical refining process with the addition of enzymes is called biorefining. The refining process is carried out on a laboratory scale using a Valley Beater. This study aims to determine the effect of adding xylanase enzyme as a biocatalyst for the refining process on waste paper raw materials. The raw materials for used paper are LOCC (Local Old Corrugated Container) and EOCC (Europe Old Corrugated Container). In this study, the Freeness test was carried out using the Canadian Standard Freeness (CSF) tester to determine the degree of grinding and testing the physical strength properties of the paper (Physical Strength Properties) including Bursting, Ring crush and Tensile. Variations were made at the milling time (Beating Time), namely, 0 minutes, 5 minutes, 10 minutes and the dose of enzyme added was 0 PPM, 100 PPM, 200 PPM, and 300 PPM with a contact time of 40 minutes. The results of this study indicate that the xylanase enzyme used as a biocatalyst in the refining process of waste paper can improve the physical properties of paper strength (Strength Properties). The highest increase in Strength Properties for Bursting was obtained at the composition of the enzyme dose of 300 PPM and beating time of 10 minutes with a value of 4,326 kPa.m²/g. For Tensile, the composition of the enzyme dose is 100 PPM and the beating time is 10 minutes with a value of 63,002 N.m/g, and for Ring Crush, the composition of the enzyme dose is 300 PPM and the beating time is 5 minutes with a value of 22.558 N.m/g.

Keywords : *Refining, Biorefining, Xylanase Enzyme, Waste Paper, Properties*

ABSTRAK

Refining merupakan proses pemberian aksi mekanis terhadap serat agar mengalami fibrilasi guna meningkatkan daya ikat antar serat dan mengoptimalkan sifat fisik kertas (Physical Properties). Perpaduan antara proses refining secara mekanis dengan penambahan enzim disebut biorefining. Proses refining dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan Valley Beater. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan enzim xilanase sebagai biokatalis proses refining pada bahan baku kertas bekas. Bahan baku kertas bekas yang digunakan adalah LOCC (Local Old Corrugated Container) dan EOCC (Europe Old Corrugated Container). Pada penelitian ini dilakukan pengujian Freeness dengan menggunakan Canadian Standard Freeness (CSF) tester untuk mengetahui derajat giling dan pengujian sifat fisik kekuatan kertas (Physical Strength Properties) meliputi Bursting, Ring crush dan Tensile. Variasi dilakukan pada waktu penggilingan (Beating Time) yaitu, 0 menit, 5 menit, 10 menit dan dosis enzim yang ditambahkan yaitu, 0 PPM, 100 PPM, 200 PPM, dan 300 PPM dengan waktu kontak 40 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa enzim xilanase yang digunakan sebagai biokatalis pada proses refining kertas bekas dapat meningkatkan sifat fisik kekuatan kertas (Strength Properties). Peningkatan Strength Properties paling tinggi untuk Bursting diperoleh pada komposisi dosis enzim 300 PPM dan beating time 10 menit dengan nilai 4,326 kPa.m²/g. Untuk Tensile diperoleh pada komposisi dosis enzim 100 PPM dan beating time 10 menit dengan nilai 63,002 N.m/g. Serta untuk Ring Crush diperoleh pada komposisi dosis enzim 300 PPM dan beating time 5 menit dengan nilai 22,558 N.m/g.

Kata Kunci : *Refining, Biorefining, Enzim Xilanase, Kertas Bekas, Properties*

PENDAHULUAN

Kertas merupakan benda berbentuk lembaran berbahan baku buburan (*pulp*) yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari sebagai media tulis, cetak, kemasan, dan masih banyak lagi. Kertas biasanya tersusun dari serat alam yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (Dewi Fransiska et al, 2010). Serat alam yang digunakan biasanya didapat dari pohon baik pohon berkayu maupun pohon tidak berkayu. Kertas

merupakan komoditas yang tidak pernah sepi peminat dan terus meningkat permintaannya dari tahun ke tahun walaupun saat ini manusia sudah semakin modern dan memasuki era digital. Meningkatnya permintaan kertas dunia tentunya juga berdampak pada penggunaan bahan baku yang berasal dari alam yaitu pohon dan hutan yang semakin sedikit

^{1*}Corresponding author : alifadani39@gmail.com

wilayahnya, dimana banyak hutan alam yang telah beralih menjadi hutan industri.

Seiring kemajuan teknologi yang semakin pesat berkembang dan pemikiran manusia yang semakin kritis akan alam maka saat ini pasar kertas dunia sudah mengalami pergeseran mode. Dari banyaknya peminat kertas putih yang digunakan sebagai kertas tulis cetak kini kertas daur ulang jauh mengalami pelonjakan peminat. Kertas daur ulang kini tidak hanya digunakan sebagai kertas kemasan saja namun juga banyak digunakan sebagai kertas seni, kertas tulis cetak, dan masih banyak lagi.

Kertas bekas adalah salah satu jenis serat sekunder yang paling mudah ditemukan. Dalam industri kertas, kardus yang dikenal dengan Kertas Karton Gelombang (KKG) (*Corrugated Cardboard*) merupakan salah satu kertas bekas yang sering diolah kembali menjadi kertas baru. Salah satu jenis kertas baru yang banyak diminati di pasaran adalah jenis kertas coklat Medium Linear (MA) dikarenakan pemanfaatannya sebagai salah satu komponen kardus yang kuat dan harganya yang murah. Isu pelestarian lingkungan di Indonesia juga mendorong penggunaan kertas bekas sebagai bahan baku pembuatan kertas. Kebutuhan kertas bekas industri kertas nasional pada tahun 2010 sekitar 6,7 juta ton per tahun. Pada saat ini kertas daur ulang merupakan salah satu sumber bahan baku kertas yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Penggunaan kertas daur ulang terus mengalami peningkatan setiap tahunnya mencapai 3 – 4 % (Maximino et al, 2011). Hingga pada tahun 2018 kebutuhan kertas daur ulang untuk industri nasional mencapai 8,6 juta ton (BPPI,2020). Kertas dapat mengalami proses daur ulang sampai 5 atau 6 kali, namun setiap mengalami proses daur ulang kertas akan mengalami penurunan jumlah serat panjang yang dikandungnya sebanyak 15% - 20% (Julieta et al, 2014). Oleh karenanya para pelaku industri kertas bekas harus gencar mencari inovasi baru dalam upaya mempertahankan kualitas kertas hasil olahan daur ulang.

Salah satu tahapan penting dalam proses pembuatan kertas adalah *refining*. Proses *refining* merupakan proses pemberian aksi mekanis terhadap serat untuk mengembangkan sifat optimal serat yang diinginkan pada pembuatan kertas berkenaan dengan produk yang dibuat (Sixta H, 2006). *Refining* merupakan proses dimana fibrilasi serat terjadi yang berguna untuk meningkatkan daya ikat antar serat. Dimana daya ikat antar serat merupakan salah satu faktor yang dapat mempertahankan dan meningkatkan sifat fisik kekuatan lembar kertas. Pada proses *refining* parameter yang digunakan adalah derajat giling pulp yang diukur dengan *CSF* (*Canadian standart freeness*). Selain itu proses *refining* juga berguna untuk memperbaiki formasi lembaran agar lebih baik dan rata. Dalam perkembangannya proses *refining* kini dapat dilakukan dengan cara lebih ramah lingkungan yaitu dengan *biorefining* atau penggabungan dari aksi mekanis proses *refining* dengan pemanfaatan bakteri, jamur, dan mikroorganisme sebagai bahan biologi pendukung proses.

Biorefining merupakan proses penambahan enzim pada saat *refining* yang bertujuan untuk mempercepat reaksi. Dalam hal ini reaksi yang akan dipercepat adalah proses fibrilasi. Enzim bekerja dengan cara

menempel pada permukaan molekul zat – zat yang bereaksi dan mempercepat proses reaksi. Percepatan terjadi karena enzim menurunkan energi aktivasi sehingga mempermudah terjadinya reaksi (Dina et al, 2007). Aplikasi enzim pada serat merupakan cara alternatif yang menarik untuk mengurangi penggunaan energi pada proses *refining* dan untuk memperkenalkan sifat fungsional baru pada serat (Torres et al, 2012).

Biorefining diyakini dapat menghasilkan fibrilasi serat lebih banyak dengan pemotongan serat minimal akibat waktu giling lebih cepat hal ini memiliki beberapa keuntungan, diantaranya kualitas serat yang baik, kualitas kertas yang lebih baik, dan memungkinkan optimasi kinerja *refiner* (Dina et al, 2007).

Enzim adalah katalisator proses biologis. Seperti halnya katalis lainnya, suatu enzim membawa reaksi yang dikatalisis ke posisi kesetimbangannya lebih cepat daripada yang seharusnya akan terjadi (Wolfgang Aehle, 2007). Enzim bekerja dengan cara bereaksi dengan molekul substrat untuk menghasilkan senyawa *intermediate* melalui suatu reaksi kimia organik yang membutuhkan energi aktivasi lebih rendah, sehingga percepatan reaksi kimia terjadi karena reaksi kimia dengan energi aktivasi lebih tinggi, membutuhkan waktu lebih lama (Palmer, T 2007).

Salah satu enzim yang dapat digunakan sebagai biokatalis proses *refining* adalah enzim xilanase. Enzim xilanase yang digunakan berasal dari bakteri *Bacillus Halodurans CM 1* yang bersifat *alkalothermofilik* atau tahan terhadap suhu yang tinggi dan lingkungan yang basah. Sehingga cocok diaplikasikan dalam industri pembuatan kertas dikarenakan selama prosesnya biasanya menggunakan suhu yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan bahan baku kertas bekas LOCC (*Local Old Corrugated Container*) dan EOCC (*Europe Old Corrugated Container*) serta bahan kimia yang digunakan yaitu enzim xilanase. Variasi pencampuran bahan baku kertas bekas yaitu 30% LOCC dan 70% EOCC untuk dibuat beberapa sample *handsheet* 150 gsm yang terlebih dahulu dilakukan proses pulping menggunakan *disintegrator*, pengaturan konsistensi buburan dengan penambahan *fresh water*, dan dilakukan variasi pada penambahan dosis enzim xilanase serta waktu *beating*. Bahan yang digunakan untuk mengatur keasaman buburan adalah NaOH.

Pembuatan Buburan (*Pulp / Stock*)

Kertas bekas LOCC dan EOCC yang telah disiapkan disobek menjadi ukuran yang lebih kecil ±2cm x 2cm, kemudian dilakukan pulping menggunakan *disintegrator*. Buburan (*pulp*) kemudian diencerkan dengan perbandingan 1:1 menggunakan air panas hingga mencapai suhu 50°C-55°C. PH buburan (*pulp*) dicek menggunakan PH meter dan dilakukan pengaturan PH dengan penambahan NaOH hingga mencapai PH 8 - 9. Kemudian dilakukan variasi penambahan dosis enzim xilanase dan dilakukan kontak time selama 40 menit. Buburan (*pulp*) dicek konsistensinya. Setelah dilakukan kontak time buburan (*pulp*) *dibeating* menggunakan *valley beater*

dengan variasi waktu yang telah ditentukan. Setelah buburan (*pulp*) telah siap dilakukan pengujian *freeness* (derajat giling) dan *properties* pada handsheet.

Analisis *Freeness* Buburan (*Pulp* / *Stock*) dan Analisis Sifat Fisik Lembaran (*Properties*)

Analisis *freeness* buburan dilakukan untuk mengetahui derajat giling buburan pada setiap komposisi variasi. Pengujian *freeness* dilakukan menggunakan metode TAPPI T221.

Tabel 1. Hasil Uji *Freeness* dan Komposisi Variasi

Kode Pengujian	Variasi		Nilai Pengujian <i>Freeness</i> (ml)
	Dosis Enzim Xilanase (PPM)	Wsktu <i>Beating</i> (Menit)	
1A	0 PPM	0	620
1B		5	540
1C		10	440
2A	100 PPM	0	650
2B		5	535
2C		10	430
3A	200 PPM	0	650
3B		5	530
3C		10	425
4A	300 PPM	0	650
4B		5	550
4C		10	450

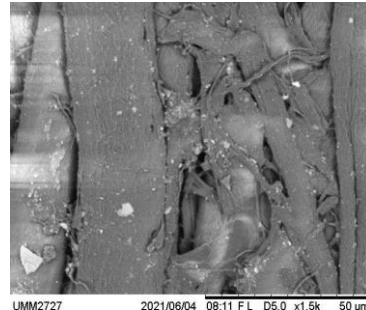
Analisis sifat fisik lembaran (*properties*) dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan enzim xilanase dan perlakuan *beating* pada buburan (*pulp*) terhadap *properties* lembaran yang dihasilkan. Pengujian sifat fisik lembaran meliputi ketahanan tarik (*tensile strength*) menggunakan metode TAPPI T 494, ketahanan retak (*bursting strength*) menggunakan metode TAPPI T 403, ketahanan tekan tepi lingkar (*ring crush*) menggunakan metode TAPPI T 818.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Lembaran (*Properties*)

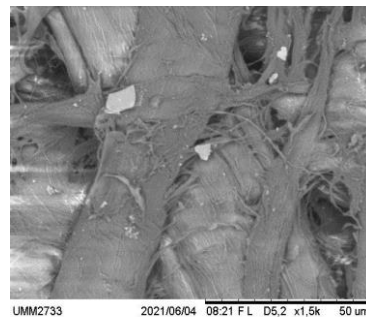
Kode Pengujian	Nilai Pengujian Sifat Fisik Lembaran (<i>Properties</i>)		
	<i>Tensile Strength</i> (N.m/g)	<i>Bursting Strength</i> (kPa.m ² /g)	<i>Ring Crush</i> (N.m/g)
1A	33,5471	2,36245	17,046
1B	52,5503	3,65748	21,504
1C	59,2161	3,94612	22,6
2A	40,3891	2,2227	25,077
2B	47,377	3,54162	31,632
2C	63,0025	4,08168	35,275
3A	35,7238	2,33363	28,827
3B	47,4086	3,61152	34,027
3C	55,2191	4,1734	32,752
4A	31,7199	2,27816	28,702
4B	42,9047	3,74975	36,68
1A	51,7294	4,32685	34,95

Analisis SEM *Handsheets*

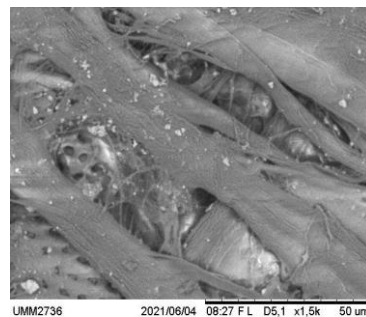
Handsheets hasil penelitian dengan perbedaan komposisi variasi penambahan dosis enzim xilanase 0 PPM, 100 PPM, 200 PPM, dan 300 PPM dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Elektron Microscop*)



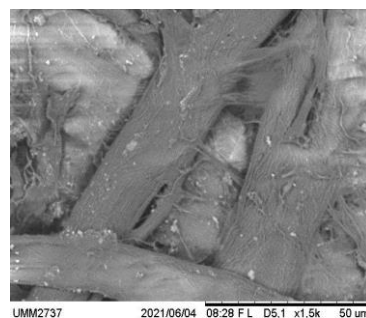
Gambar 1 Karakterisasi SEM *Handsheets* 0 PPM



Gambar 2 Karakterisasi SEM *Handsheets* 100 PPM



Gambar 3 Karakterisasi SEM *Handsheets* 200 PPM



Gambar 4 Karakterisasi SEM *Handsheets* 300 PPM

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa serat mengalami *fibrilasi* yang beragam pada macam variasi dosis enzim xilanase yang ditambahkan. Pada dosis

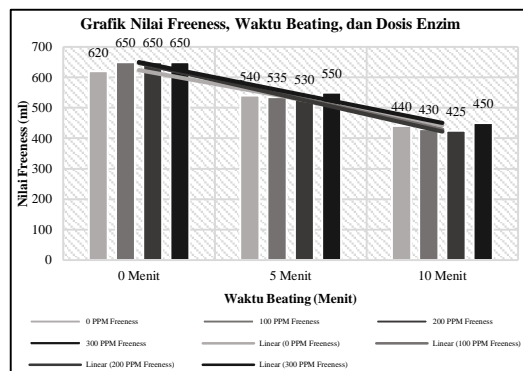
¹*Corresponding author : alifadani39@gmail.com

enzim 0 PPM serat mengalami *fibrilasi* paling sedikit, hanya pada sebagian kecil serat. Pada dosis enzim 100 PPM serat mengalami fibrilasi paling optimum, dimana *fibril* terbentuk di setiap sisi serat. Pada dosis enzim 200 PPM *fibrilasi* yang terbentuk mulai menjadi *fines* atau *fiber* yang halus. Pada dosis enzim 300 PPM *fibrilasi* yang terbentuk banyak mengalami pelepasan dari serat dan *fines* yang terbentuk mulai mengalami penguraian bersama dengan air atau *terhidrolisa*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Enzim Xilanase dan Variasi Waktu *Beating* Terhadap Nilai *Freeness*

Freeness didefinisikan sebagai salah satu parameter untuk mengetahui derajat giling suatu buburan pulp atau untuk menunjukkan ukuran laju aliran air dari buburan. *Freeness* atau tingkat drainase (TAPPI T 221), sangat dipengaruhi oleh kondisi serat. Standar pengukuran yang umumnya digunakan ialah *Canadian Standard Freeness Tester* (CSF). Parameter ini untuk mengetahui berapa derajat giling buburan setelah serat mengalami berbagai perlakuan seperti proses *mixing*, *beating*, *contact time*, dan lain sebagainya.



Gambar 5 Grafik Nilai *freeness*

semakin bertambahnya waktu *beating* maka nilai *freeness* dapat makin menurun. Pada grafik 4.1 didapati nilai *freeness* terendah diperoleh dari komposisi variasi dosis enzim xilanase 200 PPM dengan waktu *beating* 5 menit menghasilkan nilai *freeness* 425 CSF. Seperti yang dikemukakan Ciu et al, (2014) *freeness* yang rendah merupakan dampak dari adanya modifikasi serat, seperti fibrilasi atau peningkatan *fines* karena adanya serat yang terpotong. Menurut Smok (2002) waktu *beating* yang semakin tinggi akan mengakibatkan fibrilasi pada dinding serat sehingga terbentuk anyaman yang sempurna pada badan serat.

Penambahan enzim juga berpengaruh dalam proses fibrilasi serat saat proses *beating* dikarenakan saat ditambahkan enzim serat akan semakin cepat lunak dan mengalami *swelling* (mengembang) sehingga serat akan semakin mudah terfibrilasi dengan waktu yang lebih singkat.

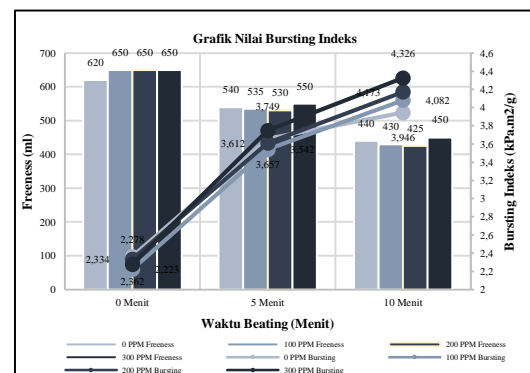
nilai *freeness* pada variasi dosis enzim xilanase 300 PPM tidak mengalami penurunan nilai *freeness* yang signifikan, hal tersebut dapat dikarenakan pada penambahan dosis enzim 300 PPM sudah berlebihan atau *over*, sehingga serat yang sudah mengalami fibrilasi, fibril-fibril nya dapat terlepas menjadi *fines*

dan terhidrolisa oleh enzim xilanase sehingga *fines* pada *stock* akan berkurang dan laju aliran drainase semakin meningkat.

Pengaruh Penambahan Enzim Xilanase dan Variasi Waktu *Beating* Terhadap Nilai *Bursting Strength*

Bursting strength didefinisikan sebagai tekanan hidrostatik dalam satuan kilopascal meter persegi per gram. Uji *bursting strength* diperlukan untuk mengetahui berapa tekanan udara yang bisa ditahan oleh *sample*. Ketahanan retak (*bursting strength*) merupakan gaya yang diperlukan untuk merekatkan selembar kertas yang dinyatakan dalam kilogram per meter persegi (TAPPI T 403).

Indeks retak (*burst indeks*) merupakan ketahanan retak dalam kilopascal (kPa) dibagi dengan gramatur kertas tersebut. Faktor retak merupakan jumlah meter persegi kertas yang beratnya dapat meretakan kertas sejenis seluas satu centimeter persegi, biasanya dihitung berdasarkan ketahanan retak dalam (kg/cm²) dibagi gramatur dalam (g/m²).



Gambar 6 Grafik Nilai *Bursting Strength*

Bursting didefinisikan sebagai tekanan hidrostatik dalam kilopascal atau psi yang dibutuhkan untuk meretakan suatu bahan saat tekanan ditingkatkan pada kecepatan konstan oleh karet diafragma bundar dengan diameter 30,5 mm (This et al., 2002). Sifat fisik ini dianggap penting untuk jenis kertas khusus yang biasa digunakan untuk menahan beban sangat berat, seperti kertas kemasan.

Penurunan nilai *freeness* selalu diikuti dengan kenaikan nilai *bursting indeks* pada setiap variasinya. Pada dosis enzim 0PPM, 100 PPM, 200 PPM, dan 300 PPM dengan waktu *beating* 0 menit diperoleh nilai rata-rata *freeness* 642,5 CSF, dengan waktu *beating* 5 menit diperoleh nilai rata-rata *freeness* 538,75 CSF, dan dengan waktu *beating* 10 menit diperoleh nilai rata-rata *freeness* 436,25 CSF.

Handsheets blank (tanpa enzim xilanase) atau 0 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 2,362 kPa.m²/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 3,657 kPa.m²/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 3,946 kPa.m²/g.

Handsheets 100 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 2,223 kPa.m²/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 3,542 kPa.m²/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 4,082 kPa.m²/g.

Handsheets 200 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 2,334 kPa.m²/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 3,612 kPa.m²/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 4,173 kPa.m²/g.

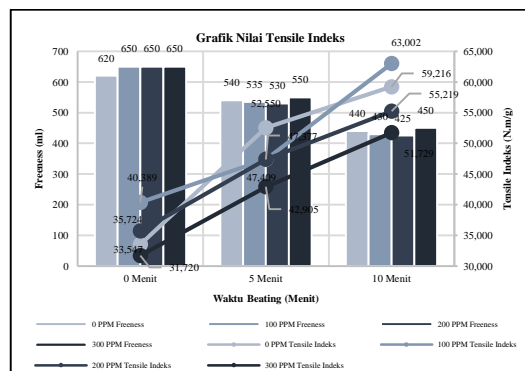
Handsheets 300 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 2,278 kPa.m²/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 3,479 kPa.m²/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *bursting indeks* 4,326 kPa.m²/g.

Diketahui bahwa nilai *bursting indeks* mengalami kenaikan seiring menurunnya nilai *freeness*, hal itu dapat terjadi dikarenakan kenaikan *bursting indeks* disebabkan oleh 2 faktor utama yaitu, formasi serat dan ikatan antar serat. Pada hal ini proses *refining (beating)* salah satunya dapat mengakibatkan serat menjadi lebih pendek, dan hal tersebut dapat memperbaiki formasi kertas menjadi lebih baik. Serta proses *refining (beating)* juga dapat mengakibatkan terjadinya daya ikat antar serat. Penambahan enzim xilanase juga berperan dalam peningkatan nilai *bursting indeks*.

penambahan enzim xilanase yang semakin tinggi berdampak pada nilai *bursting indeks* yang semakin meningkat pula. Hal tersebut dapat terjadi karena enzim *xylanase* memiliki kemampuan meningkatkan daya renggang dan ketahanan pecah karena dapat mengoptimalkan ikatan antar serat yang terjadi (Kumar dan Negi, 2012).

Pengaruh Penambahan Enzim Xilanase dan Variasi Waktu Beating Terhadap Nilai Tensile Strength

Tensile atau ketahanan tarik didefinisikan sebagai daya tahan lembaran kertas terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujungnya. Ketahanan tarik merupakan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis yang memiliki ukuran ketahanan kertas terhadap tarikan langsung dan dihitung dari beban yang diperlukan untuk menarik hingga terputus sebuah jalur kertas dengan dimensi tertentu (TAPPI, 2001). Sedangkan indeks tarik merupakan ketahanan tarik per gramatur kertas atau *handsheet*.



Gambar 7 Grafik Nilai Tensile Strength

Tensile merupakan kekuatan Tarik yang dimiliki lembaran kertas dalam keadaan kering, menurut Monica et al. (2009) Kekuatan Tarik adalah tegangan longitudinal (sejajar) terbesar yang dapat diterima suatu zat tanpa putus.

Handsheets blank (tanpa enzim xilanase) atau 0 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 33,547 N.m/g, dengan waktu *beating* 5 menit,

diperoleh nilai *tensile indeks* 52,550 N.m/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 59,216 kN/m.

Handsheets 100 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 40,389 N.m/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 47,377 N.m/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 63,002 N.m/g.

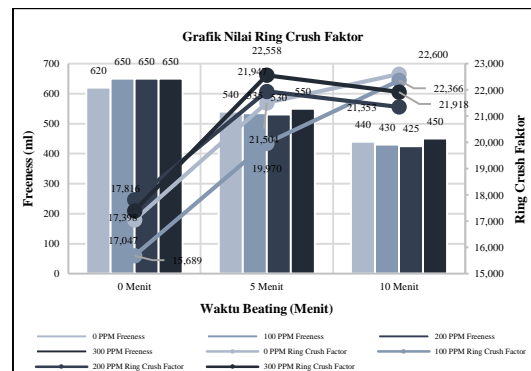
Handsheets 200 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 35,724 N.m/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 47,409 N.m/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 55,219 N.m/g.

Handsheets 300 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 31,720 N.m/g, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 42,905 N.m/g, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *tensile indeks* 51,729 N.m/g.

Diketahui nilai *tensile indeks* mengalami kenaikan paling tinggi dibandingkan dengan *blank* pada dosis enzim 100 PPM yaitu sebesar 63,002 N.m/g pada waktu *beating* 10 menit. Sedangkan pada dosis enzim 200 PPM dan 300 PPM nilai *tensile indeks* mengalami penurunan dan lebih rendah dibandingkan *blank* seiring tingginya waktu *beating*. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan faktor yang mempengaruhi ketahanan tarik ialah panjang serat, sedangkan proses *beating* salah satunya dapat mengakibatkan serat semakin memendek apalagi dengan proses penggilingan yang semakin tinggi dapat mengakibatkan serat terpotong (*cutting*) dan hal tersebut juga yang dapat mempengaruhi nilai *tensile indeks* menjadi semakin menurun. Dengan ditambahkannya dosis enzim yang semakin tinggi tentunya membuat serat semakin mudah mengalami fibrilasi dan memungkinkan terjadinya *cutting* yang besar ketika melewati proses *beating* yang tinggi.

Pengaruh Penambahan Enzim Xilanase dan Variasi Waktu Beating Terhadap Nilai Ring Crush

Ring crush dapat didefinisikan sebagai ketahanan tekan lingkaran kertas secara vertikal dalam satu kilogram *force*. Hal ini sangat berpengaruh dalam produksi kertas coklat, terutama *liner medium*.



Gambar 8 Grafik Nilai Ring Crush

Handsheets blank (tanpa enzim xilanase) atau 0 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *Ring Crush Faktor* 17,047, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 21,504, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 22,6.

Handsheet 100 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *Ring Crush Faktor* 15,689, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 19,970, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 22,366.

Handsheet 200 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *Ring Crush Faktor* 17,816, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 21,947, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 21,353.

Handsheet 300 PPM, dengan waktu *beating* 0 menit, diperoleh nilai *Ring Crush Faktor* 17,398, dengan waktu *beating* 5 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 22,558, dan dengan waktu *beating* 10 menit, diperoleh nilai *ring crush faktor* 21,918.

Diketahui nilai *ring crush faktor* selain *blank* mengalami kenaikan paling tinggi pada dosis enzim xilanase 300 PPM dengan waktu *beating* 5 menit yaitu sebesar 22,558. Namun pada dosis enzim xilanase 200 PPM dan 300 PPM dengan waktu *beating* 5 menit mengalami kenaikan kemudian mengalami penurunan pada waktu *beating* 10 menit. hal tersebut dapat terjadi jika dosis enzim yang diberikan sudah *over* atau berlebihan dalam penggunaannya sebagai peningkat *properties ring crush faktor*. Oleh karena itu dampaknya bisa menaikkan nilai *properties* kemudian menurunkannya lagi. Nilai *properties ring crush faktor* yang mengalami kenaikan konstan ialah pada dosis enzim 100 PPM, jadi dapat dikatakan bahwa dosis terbaik untuk meningkatkan *properties ring crush faktor* ialah 100 PPM karena pada waktu *beating* 10 menit mengalami kenaikan nilai paling tinggi di luar *blank*.

KESIMPULAN

Semakin tinggi waktu *beating* (*beating time*) maka nilai *freeness* juga akan semakin menurun dikarenakan serat mengalami fibrilasi dan fibril-fibril yang terbentuk dapat membentuk ikatan antar serat yang rapat sehingga memperlambat drainase air saat pengujian *freeness*. Nilai *freeness* terendah didapat oleh komposisi variasi dosis enzim xilanase 200 PPM dan waktu *beating* 5 menit yaitu 425 CFS. Pada penambahan enzim dengan dosis 300 PPM penurunan nilai *freeness* tidak signifikan dikarenakan sudah *over* dalam penambahannya. Berdasarkan pengujian sifat fisik (*properties*) kertas yang dilakukan didapat bahwa nilai *properties* paling tinggi dicapai oleh komposisi variasi sebagai berikut :

Bursting Indeks sebesar 4,326 kPa.m²/g dengan dosis enzim 300 PPM dan waktu *beating* 10 menit

Tensile Indeks sebesar 63,002 N.m/g dengan dosis enzim 100PPM dan waktu *beating* 10 menit

Ring Crush Faktor 22,558 N.m/g dengan dosis enzim 300 PPM dan waktu *beating* 5 menit

Pada penelitian ini enzim xilanase dikondisikan pada keadaan *stock* yang basa dengan PH 8.0-8.5 dan suhu *stock* 50°C-55°C.

Dosis optimum penambahan enzim pada tiap hasil pengujian memang belum ada, karena kenaikan dan penurunan nilai *properties* yang diuji juga tidak sama pada tiap jenis pengujiannya. Namun berdasarkan grafik dapat dikatakan bahwa saat ini dosis terbaik yang dapat digunakan adalah 100.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, A. A. (2020). *Laporan Magang 3*. Deltamas: ITSB.
- Adani, A. A. (2021). *Laporan Kerja Praktik 2*. Kepanjen.
- Afi Alif Adani, A. N. (2018). *Laporan Magang 1*. Deltamas: ITSB.
- Aehle, Wolfgang. 2007. *Enzymes In Industri Production and Application*. Germany: WILEY-VCH
- Aida. 2017. Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim Terlengkap. (<http://dosenbiologi.com/biologi-dasar/faktor-yang-mempengaruhi-kerja-enzim>). Diakses pada Juni 2021.
- Prof. Dr. drh. Aulanni'am, DES (2009). Enzim Sebagai Biokatalis dan Perannya dalam Transformasi Biologis. Malang : Prasetya Online
- Christiernin (2003) 'The effects of xyloglucan on the properties of paper made from bleached kraft pulp', *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 18(2), pp. 182–187. doi: 10.3183/NPPRJ-2003-18-02-p182-187.
- Dwidjoseputro, D. 1992 *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Desika Pemitia. (2021). Diakses pada <https://tirto.id/apa-itu-enzim-komponen-sifat-fungsi-dan-contoh-jenis-jenisnya-f8mJ>. Maret 2021.
- Fauji, I. A. (2019). *PENGARUH KONDISI REFINING KERTAS BEKAS PADA PRODUKSI KERTAS MEDIUM*. Deltamas: ITSB.
- James C. Robert (1996), kutipan yang berada pada "Pengaruh Kondisi refining Kertas Bekas Pada Produksi Kertas Medium" oleh I. A. Fauji (2019). Deltamas : ITSB
- Hidayat, T. (2012). *Analisis Kinerja Ketahanan Tekan Lingkar Sebagai Parameter Mutu Kertas Liner Medium*. Bandung: BPPT.
- Holik, H. (n.d.). *Handbook of Paper and Board* (2 vols)(2nd Revised and Enlarged Edition). *Handbook of Paper and Board*, 785 - 794.
- Maria Ulfah, I. H. (2011). *Characterization Of A New Thermoalkalophilic Xylanase-Producing Bacterial Strain Isolated Form Cimanggu Hot Spring, West Java, Indonesia*. Tangerang Selatan: Microbiology Indonesia.
- Nurfariidza, R. (2016). *Aplikasi Bacterial Cellulose Dari Limbah Kulit Pisang Untuk Mengurangi Penggunaan NBKP Sebagai Bahan Baku Base PaPer Baking Paper*. Deltamas: ITSB.
- Prayogi, I. B. (2020). *Review Stock Preparation Paper Mill 1*. Kepanjen.

- Petzold-Welcke, K., Schwikal, K., Daus, S. and Heinze, T. (2014) 'Xylan derivatives and their application potential - Mini-review of own results', *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd., 100, pp. 80–88. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.11.052.
- Purwita, C. A. and Septiningrum, K. (2012) 'Isolation of Corn cob Xylan Used as a Media to Produce Xylanase', in *Proceedings REPTech 2012*. Bandung, pp. 98–102.
- Richana, N. (2006). *Produksi dan Prospek Enzim Xylanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia*. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Setyadi, I. A. (2016). *Enzim Endoglukanase Sebagai Biokatalis Dalam Proses Fibrilasi dan Swelling Serat Sekunder Untuk Bahan Baku Brown Paper*. Deltamas: ITSB.
- Sonny Kurnia Wirawan, C. A. (2017). *PENINGKATAN MUTU KERTAS DAUR ULANG MENGGUNAKAN XYLAN*. Bandung: Jurnal Selulosa.
- Taufan Hidayat, N. E. (2014). *OPTIMASI BIOPROSES MODIFIKASI PERMUKAAN SERAT UNTUK PENINGKATAN KEKUATAN KERTAS*. Bandung: BPPT.
- Tri Wahyudi Widiastino, H. Z. (2011). *Peningkatan Kualitas Serat Sekunder Dengan Perlakuan Enzim dan Polimer*. Jakarta: PROSIDING.
- <https://docplayer.info/193070418-Analisis-korosi-body-high-density-cleaner-pada-pabrik-kertas.html> (2018), Diakses pada Juni 2021.
- <https://www.semanticscholar.org/paper/Axial-Variations-and-Entry-Effects-in-a-Pressure-Atkins/6bb7c6309afa8e60254c00def5110823a6a3a827> (2019), diakses pada Juni 2021.
- <https://www.linkedin.com/pulse/forming-fabric-maintenance-lydia-zheng> (2018), diakses pada Juni 2021.
- <https://azpulpandpaper.blogspot.com/2019/02/macam-macam-mesin-kertas.html> (2019), diakses pada Juni 2021.
- <https://azpulpandpaper.blogspot.com/2019/03/proses-pembuatan-kertas-paper-making.html> (2019), diakses pada Juni 2021.
- <https://www.cnpapermachinery.com/size-press-section/> (2019), diakses pada Juni 2021.
- <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/calendering/> (2020), diakses pada juni 2021.
- <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/waste-paper-processing-machine-occ-hydrapulper-60627320945.html> (2019), diakses pada Juni 2021.
- <https://www.semanticscholar.org/paper/Axial-Variations-and-Entry-Effects-in-a-Pressure-Atkins/6bb7c6309afa8e60254c00def5110823a6a3a827> (2007), diakses pada Juni 2021.
- <https://www.linkedin.com/pulse/forming-fabric-maintenance-lydia-zheng> (2018), diakses pada Juni 2021.
- Dewi Fransiska Br Taringan, M. S. (2010). *Pembuatan Dan Karakterisasi Kertas Dengan Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Medan: FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Gandini, A. and Pasquini, D. (2012) 'The impact of cellulose fibre surface modification on some physico-chemical properties of the ensuing papers', *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V., 35(1), pp. 15–21. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.06.015.
- Julieta, B., Mariza, E. T., Maria, L., Fernando, E. and Song, W. (2014) 'Office paper recyclability: first recycling', 75(July), pp. 54–61.
- Kumar, S. and Negi, Y. S. (2012) 'Corn cob xylan-based nanoparticles: Ester prodrug of 5-aminosalicylic acid for possible targeted delivery of drug', *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(12), pp. 1995–2003.
- Maximino, M. G., Taleb, M. C., Adell, A. M. and Formento, J. C. (2011) 'Application of hydrolytic enzymes and refining on recycled fibers', *Cellulose Chem Tech*, 45(5–6), pp. 397–403. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-83255191890&partnerID=40&md5=4559ab1c7938ee47a68a3c35f8f2b92b>.
- Mansoor, Z. A. (2012) Xylan as Strength Enhancing Additive. KTH Royal Institute of Technology. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:720752/FULLTEXT01.pdf>.
- <https://kemenperin.go.id/artikel/21821/Balai-Litbang-Kemenperin-Optimalkan-Daur-Ulang-Kertas-Jadi-Bahan-Baku-Industri>, diakses pada Juni 2021.
- Sixta, H. 2006. *Handbook of Pulp*. Wiley VCH. Weinheim
- Smook, Garry A. 1990. *Handbook for Pulp and Paper Technology*. Vancouver: Angus Wilde Publications.
- Holik, Helbert, ed. 2013. *Handbook of Paper and Board*. Ravensburg, Germany : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Hunt. Jhon F, Karen Supan. 2006. *Binderless fiberboard: Comparison of fiber from recycled corrugated containers and refined small-diameter whole treetops*. US : Forest Product Society

- Dina S.F., Elyani N., Rozikin H., Kusumawati L. 2007. *Biorefining Sebagai Salah Satu Teknologi Alternatif Pada Proses Penggilingan Serat. Dalam Jurnal Selulosa* Vol 42. Bandung : Balai Besar Pulp dan Kertas
- Torres, C. E. et al. 2012 *Enzymatic Approaches In Paper Industry For Pulp Refining And Biofilm Control*. Dalam *Appl Microbiol Biotechnol* 96:327–344. Madrid: Chemical Engineering Department, Faculty of Chemistry, Complutense University of Madrid.
- Aehle, Wolfgang. 2007. *Enzymes In Industry Production and Application*. Germany: WILEY-VCH
- Palmer, T. Bonner, P. 2007. *ENZYMES: Biochemistry, Biotechnology and Clinical Chemistry Second Edition*. United Kingdom : Woodhead Publishing Limited
- Hidayat, R. M. (2015). *Perancangan Metode Pengukuran Kemampuan Daur Ulang Kertas* . Jakarta: Prosiding Workshop Litbang Unggulan.
- Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia (Dirjen IAK), 2011. *Roadmap Industri Kertas*, Kementerian Perindustrian, Jakarta.
- Jacobs dan IPST, 2006, *Pulp and Paper Industry, Energy Bandwidth Study*. American Institute of Chemical Engineers, USA.
- Köhnke, T., Brelid, H. and Westman, G. (2009) ‘Adsorption of cationized barley husk xylan on kraft pulp fibres: Influence of degree of cationization on adsorption characteristics’, *Cellulose*, 16(6), pp. 1109–1121. doi: 10.1007/s10570-009-9341-x.
- Köhnke, T. and Gatenholm, P. (2007) ‘The effect of controlled glucuronoxylan adsorption on drying-induced strength loss of bleached softwood pulp.’, *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 22(4), pp. 508–15. doi: 10.3183/NPPRJ-2007-22-04-p508-515.
- Thomas. 2009. Kutipan pada jurnal "Potensi Energi Pada Bioproses Daur Ulang Kertas" oleh Rina Masariani et al., Bandung : BBPK
- James., et al. 1996. *Customer Behavior*, (Seventh ed.), Orlando, Florida: The Dryden Press
- Rismijana, J. (2006). *Penanggulangan Stickies Kertas Bekas Menggunakan Bentonit Dan Talk*. Bandung: BPPK.
- Twede, Diana, Susan E. M. Selke, dkk. 2015. *Carton, Crates and Corrugated Board Handbook of Paper and Wood Packaging Technology*. Pennsylvania, USA : DEStech Publications, Inc.