

Perlakuan Enzim pada Serpih Kayu Daun Lebar untuk *Refiner Mechanical Pulping (RMP)* *Enzymatic Pretreatment of Hardwood Chips for Refiner Mechanical Pulping (RMP) Process*

Wawan Kartiwa Haroen

Abstract

The objective of the study is to examine the influence of 10 l/ ton of Xylanase and Lypase pretreatment on biomechanical pulp of *Gmelina* and *Paracerianthes* wood chips with *Refiner Mechanical Pulping (RMP)* process. The result shows that the enzymatically pretreated of chips can save the electrical consumption of the refiner machine up to 30%, while reducing of 45~50% extractives, and significant improvement of the pulp physical properties compared with control. Two stages of P₁ and P₂ hydrogen proxide pulp bleaching produced pulp brightness of 65~71.9 % ISO and more than 97% yield bleached pulp. Physical properties of the tensile index and burst index testing result of *Gmelina* and *Paracerianthes* mechanical pulp sheet are fairly good.

Key words: enzyme, chips, RMP, biomechanical pulping

Pendahuluan

Enzim adalah molekul biopolimer yang tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap (Richana.2002). Namun enzim dapat juga sejenis katalis yang stabil, dihasilkan oleh sel mahluk hidup yang terdiri dari komponen dasar senyawa-senyawa protein. Karena enzim pada setiap sel hanya menghasilkan enzim untuk satu reaksi saja maka enzim merupakan katalis yang bekerja secara spesifik. Pada saat bereaksi terjadi pada dua substrat dalam sel hidup, maka enzim tersebut akan mempercepat reaksi menjadi lebih baik dibandingkan lainnya, sehingga enzim dapat bersifat *directive catalyst*. Enzim dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsinya menjadi beberapa kelompok, yaitu:

1. *Enzyme of hydrolyst (hydrolase)*, yaitu enzim yang mempercepat reaksi pemecahan substrat dengan penambahan air, misalnya esterase, a-amylase dan selulase, Reaksinya adalah:
$$\text{RCOOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Enzim}} \text{RCOOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$
2. *Enzyme of oxydations* yaitu enzim yang dapat mengoksidasi senyawa-senyawa kimia, Enzim ini terbagi menjadi 4 tipe yaitu:
 - a. Enzim yang mengombinasikan dan menggunakan molekul-molekul oksigen (*oxidase*)
 - b. Enzim yang menggunakan peroxida
 - c. Enzim *dehydrogenase*
 - d. Enzim *karboksidas*
3. *Enzymes of transfer*, yaitu enzim yang membantu proses transfer molekul, dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu :
 - a. *Transfer of amino group*

b. *Transfer of phosphate*

c. *Posphorylase*

4. *Mutases*, yaitu enzim yang membantu proses mutasi atau penyusunan ulang molekul.

Pada industri pulp dan kertas, enzim dapat digunakan untuk beberapa keperluan diantaranya *biopulping*, *biobleaching*, modifikasi pati, pengolahan air limbah dan juga pada proses penghilangan tinta pada kertas bekas. Enzim selulase adalah enzim yang dapat mendegradasi selulosa menjadi glukosa yang larut dalam air. Faktor penting dalam mempelajari sistem selulase terhadap selulosa adalah sifat-sifat struktur bahan selulosa, karena hidrolisa secara enzimatis terhadap selulosa sebagian besar tergantung pada struktur fisik substrat selulosa, diantaranya kemampuan untuk ditembus (*accessibility*), luas permukaan spesifik, derajat polimerisasi dan unit dimensi sel dari bahan selulosa. Selulose bekerja secara otimal pada konsistensi 4~6% , pH 6~8 dan waktu reaksi 30~60 menit, sedangkan pada waktu reaksi 120 menit effisiensinya berkurang, begitu pula dengan konsistensi sampai 10% effisiensinya akan menurun (Ellis 1976)

Dalam proses *refining*, selulase dapat meningkatkan sifat fleksibilitas serat dan memperbaiki sifat pulp terutama pada serat yang berdingding tebal. Apabila perlakuan enzim berlebihan maka dapat merusak permukaan serat dan mengurangi kekuatan serat. Dengan kondisi yang optimal ketahanan tarik dapat meningkat 25~35% (Leatham ; Myer and Wegner 1990) Hal ini menyebabkan serat mudah kolaps akibat aktifitas selulase sehingga meningkatkan luas permukaan serat dan membentuk ikatan serat yang baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja enzim adalah:

1. Konsentrasi substrat. Semakin tinggi konsentrasi substrat, aktifitas enzim cenderung akan berkurang.
2. Konsentrasi enzim. Semakin tinggi konsentrasi enzim menyebabkan aktifitas enzim makin tinggi.
3. Konsentrasi hasil reaksi. Penambahan hasil reaksi pada sistem yang mengandung enzim murni akan mengubah hubungan linear antara konsentrasi enzim dan laju reaksi. Semakin tinggi hasil reaksi yang ditambahkan maka aktifitas enzim akan berkurang karena:
 - a. Adanya resistensi oleh enzim akibat tingginya konsentrasi hasil reaksi.
 - b. Hasil reaksi cenderung lebih stabil dari pada enzim dan substrat.
4. Tingkat keasaman (pH). Setiap enzim mempunyai pH optimum dengan alasan belum diketahui secara pasti karena enzim adalah protein yang dapat mengalami perubahan bentuk jika keasamannya berubah. Setiap protein umumnya mempunyai pH isoelektrik yang dapat menentukan nilai pH aktif yang mengandung protein.
5. Temperatur. Temperatur optimum enzim yaitu jumlah substrat paling banyak dirubah dalam bentuk satuan waktu, namun hampir semua enzim kerjanya akan melambat pada suhu 70-80°C dan akan mati pada temperatur di atas 90°C.
6. Waktu reaksi. Keistimewaan dan keunikan dari enzim hanya dapat bereaksi satu kali saja, tidak seperti pada katalis kimia lainnya, karena itu semakin lama waktu reaksi enzim dapat mengakibatkan aktifitasnya akan semakin menurun.
7. Konsentrasi inhibitor, inaktifator dan racun. Karena enzim dihasilkan dari sel hidup maka enzim menjadi rentan terhadap kehadiran senyawa beracun (inhibitor atau inaktifator). Misalnya: senyawa sulfida merupakan inhibitor.

Xylanase memiliki berat molekul 15.000-30.000 dalton aktif pada suhu 55 °C dengan pH 9 (Richana 2002). Xylanase merupakan kelompok enzim yang memiliki kemampuan menghidrolisis hemiselulosa. Sehingga dapat diklasifikasikan berdasarkan kepada substrat β -xilidase, exoxilanase dan endoxilanase.

Pulp Mekanis

Kayu merupakan bahan baku pulp yang dapat diproses secara kimia atau mekanis. Pembuatan pulp secara mekanis diantaranya adalah proses mekanis TMP (*Thermo Mechanical Pulp*), *Refiner Mechanical Pulp* (RMP) atau CTMP (*Chemi Thermo Mechanical Pulp*) karena sifat kayu ada yang keras, lunak dan ringan sehingga ada beberapa perlakuan atau pengolahan awal untuk membantu proses mekanis tersebut. Proses tersebut diantaranya dengan penambahan enzim atau mikroba yang akhirnya dapat menghemat bahan baku, energi, bahan kimia, meningkatkan rendemen dan

mengurangi pencemaran namun kualitas pulpnya termasuk katagori baik sampai sedang. Air limbah proses pulp rendemen tinggi umumnya memiliki kadar Chemical Oxygen Demand (COD) sekitar 7000 mg/l (Kudo 1991) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) 700-5000 mg/l (Vipart 1993)

Indonesia sampai abad ke 21 ini, masih belum memiliki industri atau pabrik yang memproduksi pulp mekanis. Hal ini kemungkinan karena bahan baku kayu untuk pulp masih mudah diperoleh dan berlimpah tetapi bisa juga karena harga energi masih mahal. Namun tidak dapat disangkal, suatu saat sumber daya alam berupa serat dari kayu akan berkurang dan industri pulp akan berubah secara bertahap. Akhirnya pertimbangan proses dan pengolahan bahan baku akan beralih pada pembuatan pulp mekanis atau semi mekanis. Produk akhir yang dapat dibuat dari pulp mekanis diantaranya kertas koran, kertas industri, campuran pulp kimia bahkan dibuat untuk lapisan peredam suara.

Menurut Leatham and Wegner 1990 kualitas pulp TMP berdasarkan fraksi serat panjang apabila akan dilakukan penggilingan memperlihatkan sifat yang hampir sama dengan pulp serat pendeknya. Fraksi serat panjang TMP secara visual akan mendominasi pada permukaan kertas, namun serat panjang TMP diperlukan penggilingan secara terpisah dengan serat pendeknya supaya tidak terjadi pemotongan yang berlebihan.

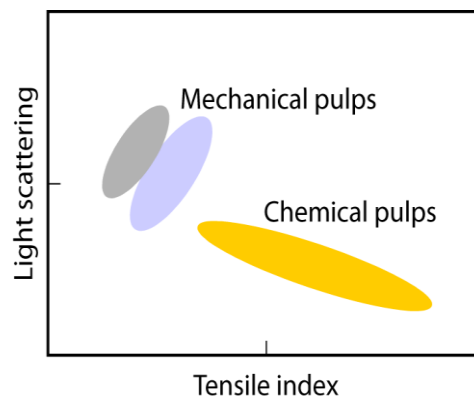


Figure 1. Correlation of light scattering and tensile index pulp (Kappel 1999)

Pemutihan pulp mekanis pada prinsipnya ada dua, yaitu pemutihan secara reduktif dan pemutihan secara oksidatif. Kondisi ini dapat dilakukan secara tunggal atau gabungan. Bahan kimia pemutih reduktif dapat menggunakan bisulfit, dionit dan boronhidrida sedangkan bahan pemutih oksidatif dapat menggunakan peroksida, hipohlorit, asam perasetat atau ozone. Pemutihan pulp mekanis menggunakan peroksida (H_2O_2) merupakan pemutih oksidatif terbaik saat ini dan banyak digunakan di industri, apabila pemakaiannya optimum akan menghasilkan tingkat kecerahan yang baik dan konsistensi proses pemutihan yang efisien (Grandfeldt 2003). Bahan

kimia pemutih yang umum digunakan seperti Na_2O , H_2O_2 atau campuran dari keduanya. Mekanisme H_2O_2 yang digunakan dalam medium alkali umumnya dilakukan pada pH 10–11. Penambahan natrium silikat dan garam magnesium sangat disarankan karena dapat berfungsi sebagai penyangga, stabilisasi warna dan meningkatkan kecerahan pulp. Selain itu perlu juga diperhatikan pengaturan konsentrasi NaOH , suhu, konsentrasi Na_2SO_3 , konsistensi pulp dan konsentrasi H_2O_2 yang tepat supaya diperoleh kualitas kecerahan pulp yang optimum, kekuatan fisik pulp yang baik. Keuntungan lain pemakaian pemutih peroksida adalah menghasilkan derajat putih tinggi, menghemat biaya produksi, mengantisipasi penurunan rendemen pulp, warna pulp lebih stabil karena seratnya bisa mempertahankan sekitar 1/10 bagian peroksida yang terpakai. (Stuart 1996; Stanley 1986). Penelitian pendahuluan ini mengkaji secara teknis proses, kualitas pulp dan kendala yang terjadi setelah modifikasi dilakukan. Diharapkan hasilnya dapat menjadi kajian awal untuk penelitian atau pengembangan di masa depan.

Pemasakan dan Pemutihan Pulp Secara Biologis

Selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen utama dalam serat yang memberikan kontribusi ikatan antar serat, sedangkan lignin dapat mengurangi kemampuan ikatan antar serat. Menurut Messer dan Strebtonik (1994) dalam Typuk (2002), *biobleaching* adalah proses pemutihan pulp dengan kombinasi kimia dan mikrobiologis. *Biobleaching* adalah proses reduksi warna pulp dengan menggunakan mikroorganisme.

Seperti yang dikemukakan oleh Ming T. and Krik. 1988 pulp putih yang berasal dari kayu memerlukan pemutihan melalui proses pemutihan menggunakan bahan kimia pemutih seperti khlor atau hidrogen peroksida dimana pada proses tersebut banyak menimbulkan bahan kimia yang terlarut dengan toksisitas yang tinggi. Pemakaian senyawa khlor untuk pemutihan pulp kertas telah dirintis sejak tahun 1799. Proses pemutihan pulp dengan khlor menimbulkan persoalan lingkungan yang serius, karena dampak negatifnya adalah buangan senyawa kimia khloroorganik berupa dioksin dan furan yang berbahaya dan beracun. Di dalamnya terdapat 10 senyawa dioksin dan 10 senyawa furan yang berbahaya seperti 2.3~7.8 tetrachloro dibenzodioksin (TCDD) dan 2.3~7.8 tetrachloro dibenzofuran (TCDF)

Dioksin dan furan merupakan senyawa yang kuat dengan daya ikat yang besar terhadap tanah dan sendimen karena akan terikat kuat pada partikel tanah dan sendimen. Senyawa ini tidak dapat lepas secara kimiawi maupun biologis, karena sifatnya sulit didegradasi secara alami dan senyawa ini dapat tertahan lebih lama

pada permukaan bumi (Valchev 2010). Kemungkinan lain dapat masuk ke dalam makanan dan akan terakumulasi pada tubuh manusia atau binatang dan bersifat karsinogenik. Sasaran dan tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dan dikembangkan proses pemutihan pulp secara biologis untuk skala laboratorium menggunakan enzim yang berasal dari jamur hutan tropika Indonesia dan memperkenalkan produksi bersih yang ramah lingkungan dan mengurangi bahan kimia pemutih yang bersifat karsinogenik.

Bahan dan Metoda

Kayu

Kayu *Gmelina* dan *Paraserianthes* diperoleh dari Bandung selatan dengan kisaran umur tanaman 9–11 tahun, berdiameter setinggi dada (dbh) 25–30 cm dengan kayu bebas cabang di atas 12 m.



Figure 2. Plantation *Gmelina arborea* and *Paraserianthes falcataria*

Enzim

Enzim yang dipergunakan terdiri dari 2 jenis yaitu Enzim Xylanase (X) dan Lypase (L) berbentuk cair, diperoleh dari Bogor dengan aktifitas antara 38–50 mU

Bahan dan Peralatan

Double diskrefiner, *Tachometer*, *Ampere Meter*, *Hydrogen Peroxida* (H_2O_2) pa sebagai bahan pemutih pulp mekanis, *demineral water* untuk proses pencucian pulp, kantong plastik untuk penyimpanan serpih dan *treatment* enzim, alat uji fisik pulp dan kimia.

Metoda

Kayu dipotong seukuran 1 m, dikuliti, ditentukan kadar kulit dan kayunya. Kayu tanpa kulit diserpih menggunakan penyerpih tipe disk dengan 3 pisau, kapasitas 0.5 m^3/jam . Serpih disaring menggunakan *chips classifier* untuk memperoleh ukuran standar, kemudian dikondisikan sampai kadar air seragam.



Figure 3. Equipment for experiment.

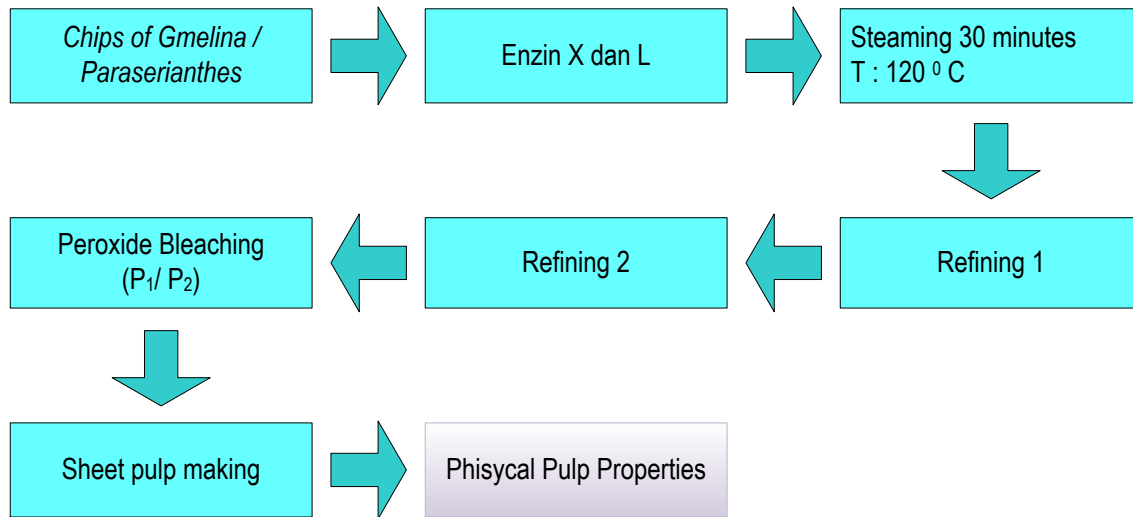


Figure 4 : Flowchart experiment

Serpih Gmelina dan Paraserianthes dilakukan perendaman (*pretreatment*) dengan Enzim X atau L dengan dosis 10 liter/ton serpih, perendaman serpih dilakukan pada suhu 25~27°C dengan variasi 3 waktu yaitu 1 jam, 6 jam dan 24 jam. Kemudian serpih di-*steaming* selama 30 menit dan diuraikan dengan mesin refiner dilakukan 2 tahap (R1 dan R2) yang diikuti dengan mengalirkan air panas (40~50°C), sampai diperoleh serat kayu (pulp) terpisah secara sempurna. Pulp yang diperoleh diuji, diputihkan dengan peroxida dan dibuat lembaran yang selanjutnya pulp dievaluasi sifat fisiknya.

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisik dan kimia kayu merupakan salah satu tahap awal dalam melakukan pemilihan bahan baku untuk pulp mekanis, hal ini dilakukan supaya kriterianya sesuai dengan persyaratan untuk pulp mekanis. Hasil pengamatan pada Tabel 1 dan 2. Memeperlihatkan bahwa panjang serat Gmelina dan Paraserianthes tergolong ke dalam serat pendek, berinding serat tipis sampai sedang dan bilangan runkel yang kecil, yaitu 0.4. Sedangkan fisik kayunya bermassa jenis 0.38~0.45 termasuk massa jenis ringan sampai sedang. Dari sifat tersebut dapat dikategorikan dapat memenuhi syarat untuk bahan pulp mekanis. Massa jenis ringan akan mempermudah proses penguraian serat secara mekanis

dengan energi yang rendah bila dibandingkan dengan kayu yang bermassa jenis tinggi. Salah satu kandungan kimia yang perlu diperhatikan adalah kadar silikatnya tidak tinggi, karena hal ini dapat memperpendek umur pisau refiner. Gmelina dan Paraseriantes kandungan silikatnya tergolong rendah, yaitu kurang dari 1%. Kadar lignin merupakan pengikat serat pada kayu, semakin tinggi kadar lignin akan menyebabkan penguraian serat lebih sulit dan memerlukan waktu atau energi yang tinggi. Kedua jenis kayu daun tropis ini memiliki lignin sedang termasuk kedalam kriteria baik sebagai bahan baku kertas. Sifat inilah yang dapat direkomendasikan untuk pulp mekanis, diharapkan dapat menghasilkan fisik pulp berkualitas sedang sampai baik. Pemilihan jenis kayu *Gmelina arborea* dan *Paraserianthes falcataria* pada awalnya atas dasar massa jenisnya yang ringan (0.3~0.4) dengan warna kayu putih, kayu teras rendah dengan ekstraktif dan lignin rendah. Karakter kayu seperti ini merupakan sifat yang perlu diperhatikan sebagai bahan baku pulp mekanis (Cassey 1980), karena akan mempermudah dalam proses mekanis.

Serat kayu Gmelina dan Paraserianthes termasuk kelompok panjang serat sedang berinding tipis sampai sedang dengan masa jenis ringan. Berdasarkan sifat yang pada Table 1 memberikan gambaran bahwa kedua jenis kayu tersebut memenuhi syarat sebagai bahan baku pulp mekanis. Terutama massa jenis kayu yang ringan

memberikan keuntungan dalam proses penguraian seratnya.

Table 1. Fiber morphology and physical of *Gmelina arborea* and *Paraserianthes falcataria*.

	Gmelina	Paraserianthes
Fiber length avg, mm	1.05	0.97
Fiber length min, mm	0.65	0.48
Fiber length max, mm	1.64	1.44
Fiber diameter, μ	17.84	17.69
Diameter lumen, μ	11.28	10.64
Cell wall thickness, μ	3.28	3.52
Runkel Ratio	0.58	0.66
Felting power	58.86	54.83
Flexibility ratio	0.63	0.60
Muhlsteps ratio, %	60.02	63.82
Basic density	0.41	0.60
Chips bulk file density, kg/m ³	166.20	107.30
Bark content, %	8.10	10.02
Wood content, %	91.90	89.98

Table 2. Wood chemical of *Gmelina arborea* and *Paracerianthes falcataria*

	Gmelina	Paraserianthes
Ash, %	0.88	1.30
Silikat, %	0.12	0.15
Lignin, %	21.31	21.11
Extractives, %	2.88	3.69
Holocelulose, %	72.42	83.10
Celulose α , %	39.46	48.60
Pentosan, %	17.45	18.03
Solubility in:		
▪ Cold water, %	4.39	4.86
▪ Hot water, %	4.36	4.41
▪ 1% NaOH, %	14.38	14.54

Kayu Gmelina dan Paraceriantes memiliki komponen dan sifat kimia hampir sama dengan sifat kelarutan 1%

NaOH yang baik, sekitar 14% menunjukkan bahwa kayunya masih segar. Kadungan silikat yang rendah sangat membantu penguraian serat pada refiner lebih mudah, semakin tinggi silikat pada kayu dapat mempercepat kerusakan alur pisau refiner.

Klasifikasi serpih Gmelina dan Paraserianthes yang lolos saringan (*chips classifier*) akan memiliki ukuran dan ketebalan yang sama, dilakukan *pretreatment* dengan enzim L dan X dengan konsentrasi sama dan waktu perendaman selama 1, 6 dan 24 jam. Serpih dimasukan kedalam kantong plastik dan ditempatkan pada suhu (23~25°C) atau suhu ruangan dengan variasi waktu tertentu.

Warna kayu yang terang atau putih akan memberikan kualitas pulp mekanis yang dihasilkan lebih terang dibandingkan dengan kayu yang berwarna gelap. Rendahnya lignin dan ekstraktif pada kayu setelah terjadi aksi mekanis saat pembuatan pulp mekanis dimana ikatan antar seratnya akan lebih mudah terurai dan proses pemutihan dengan peroksida lebih efisien.

Kedua kayu yang dipilih telah menunjukkan hasil yang sesuai persyaratan bahan baku pulp mekanis. Selanjutnya untuk pemutihan pulp mekanis dapat dilakukan dengan prinsip reduktif dan pemutihan secara oksidatif, kondisi ini dapat dilakukan secara tunggal atau gabungan.

Pemutihan pulp menggunakan peroksida (H_2O_2) hal ini dipilih karena cukup efektif untuk pulp mekanis dan merupakan pemutih oksidatif terbaik yang banyak digunakan di industri. Bahan kimia pemutih yang digunakan seperti Na_2O , H_2O_2 atau campuran dari keduanya, mekanisme H_2O_2 digunakan dalam medium alkali dilakukan pada pH 10~11. Penambahan natrium silikat dan garam magnesium untuk menjaga stabilitas warna dan untuk menambah kecerahan pulp. Pengaturan Namun konsentrasi NaOH, Na_2SO_3 , H_2O_2 konsistensi pulp dan suhu sangat diperhatikan dalam pengamatan ini. Hal ini untuk mendapat kualitas pulp putih yang optimum, kekuatan fisik pulp baik. (Clark 1985 ; Dence 1996.

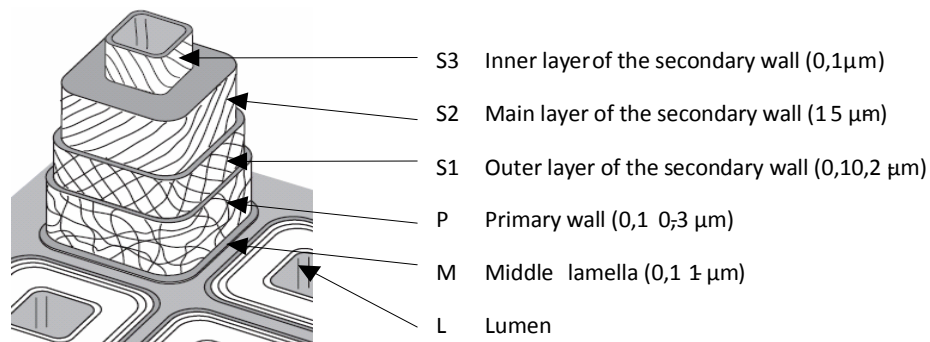


Figure 5. Wood fiber structure (Casey, J. P. 1980)

Table 3. Pre-treatment enzyme X of mechanical pulp for *Gmelina* and *Paraserianthes*

Parameter	<i>Gmelina arborea</i>			<i>Paraserianthes falcataria</i>		
	GX-1	GX-6	GX-24	PX-1	PX-6	PX-24
Yield of pulp	73.78	77.68	80.85	76.23	81.37	75.54
Colour of pulp	Light	Light	Light	Light	Light	Light

Note : G : *Gmelina* P : *Paraserianthes* X : Enzyme X L : Enzyme L

Table 4. Chemical content of mechanical pulp for *Gmelina* and *Paraserianthes*

Parameter	<i>Gmelina arborea</i>			<i>Paraserianthes falcataria</i>		
	GX-1	GX-6	GX-24	PX-1	PX-6	PX-24
Lignin, %	20.25	20.51	20.07	20.34	19.31	19.30
Celulose, %	88.84	89.11	88.25	85.22	84.84	89.11
Extractive, %	1.13	1.05	1.04	1.13	1.19	1.04

Table 5. Energy consumed refiner (ton/pulp)

Parameter	<i>Gmelina arborea</i>			<i>Paraserianthes falcataria</i>		
	GX-1	GX-6	GX-24	PX-1	PX-6	PX-24
Energy refiner 1 (2 x), Watt	3.42	4.56	3.8	5.13	4.56	3.42
Energy refiner 2 (3 x), Watt	3.44	2.98	2.34	4.97	4.01	3.12
Colour of Pulp	Light	Light	Light	Light	Light	Light
Freeness pulp, ml CSF	850	850	850	850	850	850

Table 6. Peroxide bleaching stages of mechanical pulp for *Gmelina* and *Paraserianthes*

	<i>Paraserianthes falcataria</i> (P)						<i>Gmelina arborea</i> (G)					
	X-1	X-6	X-24	L-1	L-6	L-24	X-1	X-6	X-24	L-1	L-6	L-24
P1 stage 180 mnt, 70°C, 10% cons												
H ₂ O ₂	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
NaOH	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Na ₂ SiO ₃	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
EDTA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
pH	7.88	7.90	7.62	7.38	7.53	8.09	8.42	8.13	8.38	8.79	8.13	8.29
P2 stage 180 mnt, 70°C, 10% cons												
H ₂ O ₂	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
NaOH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Na ₂ SiO ₃	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
EDTA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
pH	9.47	9.43	9.30	9.56	9.36	9.32	9.69	9.77	9.68	9.92	9.66	9.67
Yield, %	97.25	97.40	99.95	98.71	94.87	99.13	97.11	08.15	9.05	98.15	99.01	98.61
Brightnes, % ISO	70.4	65.8	73.4	65.3	68.8	69.2	71.0	71.9	74.2	70.8	65.6	73.1

Perlakuan serpih (Table 3) dengan enzim X selama 1 jam (GX-1), 6 jam (GX-6) dan 24 jam (GX-24) telah menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap rendemen pulpanya. Seperti pada serpih *Gmelina* yang diperlakukan dengan enzim selama 24 jam menghasilkan rendemen pulp 80.85 %, apabila dibandingkan dengan

retensi enzim yang lebih pendek yaitu selama 1 jam rendemen pulpanya lebih rendah yaitu 73.78 %. Namun gejala yang lain terlihat pada serpih *Paraserianthes*, dengan perlakuan enzim untuk memperoleh rendemen yang tinggi hanya diperlukan waktu perendaman 6 jam (PX-6) dengan rendemen pulp yang dihasilkan 81.37 %.

Table 7. Physical properties of mechanical pulp for *Gmelina arborea* (Enzyme pre-treatment)

Physical properties	Sample of pulp											
	GX-1	GX-6	GX-24	GL-1	GL-6	GL-24	PX-1	PX-6	PX-24	PL-1	PL-6	PL-24
Tear Index, Nm ² /kg	3.20	3.53	3.68	3.50	3.56	3.73	4.05	4.50	4.07	2.75	3.52	3.27
Burst Index, MN/kg	2.48	2.71	2.73	0.67	1.20	1.22	2.35	2.93	2.27	0.58	1.29	1.76
Tensile Index, Nm/g	48.0	35.8	39.9	30.59	30.90	31.72	40.2	45.17	43.91	24.6	35.13	36.81
Breaking length, m	4895	3618	4074	2079	2610	3234	4699	4625	4457	2509	3582	3714
Folding endurance, times	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Brightness, % ISO	71.1	71.4	74.5	72.5	72.5	74.6	65.3	68.8	69.2	70.4	65.8	73.4
Opacity	91.1	89.4	93.5	86.4	87.4	90.61	91.1	89.6	90.1	93.5	91.9	86.1
Brightness (% ISO) SNI News paper	55											

Dari proses tersebut dapat dibuktikan bahwa, semakin lama waktu retensi yang diterapkan ada kecenderungan untuk menurunkan rendemen pulp. Alasannya karena serpih *Paraseriantes* memiliki sifat kayu/serpih lebih lunak sehingga waktu retensi 6 jam saja sudah optimal, sedangkan serpih *Gmelina* kayunya lebih pada diperlukan waktu retensi lebih lama.

Kedua pulp mekanis dari *Gmelina* dan *Paracerianthes* yang dihasilkan memiliki warna pulp yang cerah sampai terang sesuai dengan sifat kayunya yang putih.

Perlakuan enzim terhadap serpih sebelum diproses untuk pulp mekanis pada kedua kayu tersebut dapat menurunkan lignin sampai 4.5~5.8% dibandingkan dengan bahan baku awal. Kandungan selulosanya masih tetap tinggi, yaitu 65% lebih dan ekstraktifnya berkurang dari 3.89 % menjadi 1.04~1.2 % , hal ini memperlihatkan bahwa proses perlakuan awal pada serpih menggunakan enzim X atau L dapat membantu proses penurunan ekstratif pada serpih.

Sejalan dengan menurunnya kandungan kimia akibat perlakuan enzim pada serpih, dapat dipantau juga pengaruhnya terhadap pemakaian energi refiner saat serpih dihancurkan menjadi serat. Terpantau dari data amper meter menunjukkan hasil yang signifikan. *Treatment* enzim lebih lama menunjukkan pemakaian energi listrik semakin berkurang terlihat dari nilai Ampere meter yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa serpih kayu tersebut lebih lunak, sehingga mesin refiner memerlukan arus listrik lebih rendah yang ditunjukkan oleh nilai amper meternya (Table 5).

Pemutihan dengan peroksida 2 tahap terhadap pulp mekanis *Gmelina* dan *Paraserianthes* menghasilkan derajat putih antara 65~74% ISO, derajat putih pulp *Gmelina* dan pulp *Paraserianthes*. Perlakuan awal terhadap serpih menggunakan enzim selama 1 dan 6 jam derajat putih pulpnya lebih rendah, karena waktu retensi yang diperlukan masih kurang tetapi dengan waktu lebih lama derajat putih pulpnya meningkat. Perlakuan enzim terhadap serpih untuk pembuatan pulp mekanis telah

menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap peningkatan derajat putih, bahkan derajat putih yang diperoleh melebihi standar SNI untuk kertas koran yang dipersyaratkan yaitu 55 % ISO (Table 7).

Air limbah proses pembuatan pulp mekanis yang serpihnya dilakukan *pre-treatment* dengan enzim X dan L untuk *Gmelina* dan *Paraserianthes* menghasilkan air limbah yang memiliki COD dan BOD yang rendah bahkan di bawah baku mutu buangan yang dipersyaratkan Kementerian Lingkungan hidup. Hal ini sejalan dengan pendapat Kudo (1991), bahwa buangan proses pembuatan pulp mekanis dari kayu memiliki zat terlarut yang rendah (Table 9).

Table 10. Waste water mechanical pulping process

Sample	COD (mg/l)		BOD (mg/l)	
	Value	Regulation KLH	Value	Regulation KLH
GX-24	53.25	Max 120	28.60	Max. 50
GL-24	54.12		20.92	
PX-24	42.86		19.36	
PL-24	50.18		33.24	

Kesimpulan

Serpih *Gmelina arborea* dan *Paraserianthes falcataria* yang direndam dengan enzim dosis 3 kg/ton selama 6~24 jam telah memberikan pengaruh yang positif terhadap proses pembuatan pulp mekanis (RMP), terutama dapat meningkatkan rendemen pulp yang dihasilkan. Rendemen pulp yang diperoleh, yaitu 76.23~86.37% tergantung jenis kayu dan retensi enzim yang digunakan.

Perlakuan perendaman serpih dengan enzim X atau L selama 24 jam dapat menurunkan pemakaian energi listrik refiner mencapai 15~30%, sedangkan peredaman dengan enzim selama 1 jam belum memperlihatkan adanya penurunan energi pada proses refining.

Kualitas pulp mekanis RMP yang serpihnya di treatment dengan cara direndam dengan Enzim X atau

L dapat meningkatkan derajat putih dan indek sobek pulpnya yang sebanding dengan tingkat perlakuannya.

Saran

Sampai saat ini, Indonesia belum memiliki industri pulp yang berorientasi pada pulp mekanis. Untuk menghemat bahan baku dan penyelamatan hutan diperlukan regulasi kebijakan yang mengarah kepada pendirian pabrik pulp mekanis di wilayah Indonesia Timur dengan bahan baku yang sesuai.

Ucapan terima kasih

Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada Perum Perhutani Jawa Barat, Ibu Typuk Artiningsih dan Bapak Sudarmin.dkk yang banyak membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Volume 1. Interscience. New York.
- Casey, J.P. 1981. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Volume 3. Interscience. New York.
- Clark, J.D. 1985. Pulp Technology and Treatment for Paper. Miller Freeman Publication. San Fransisco.
- Dence, C.W.; D.W. Reeve. 1996. Pulp Bleaching, Principle and Practice. Tappi Press, Atlanta, Georgia.
- Ellis, B.C. 1976. Propertis of Cellulose and Lignocellulosic Material as Subtrates for Enzimatic Conversation Processes. Biotechnology Symp. No. 6. 95-123.
- Grandfeldt, T.; H. Dahlin .2003. Hardwood BCTMP Improves Bulk, Smothness and Opacity. Paper Technology 44 (7): 43-46.
- Kappel, J. 1999. Mechanical Pulp from Wood to Bleacheched Pulp. Tapp Press - USA
- Kudo, A.T. 1991. An Aerobic Treatment of Pulp CTMP Waste Water and Toxicity of Granules. Water Sc.Tech.13:1919.
- Leatham, G.F.; G.C. Myer and T.H. Wegner. 1990 Biomechanical Pulping of Aspen Chips: Paper Strength and Optical Properties Resulting from Different Fungal Treatments. Tappi Journal. pp.249-253.
- Ming T. and K. Krik. 1988. Lignin Peroxidase of *Phenerochaete crysoporium*. Method in Enzimology, Vol. 161. Academic press.
- Richana, N. 2002. Produksi dan Prospek Enzim Xilanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia. Buletin Agro-Bio 5 (1): 29-36
- Stanley N.M. 1986. Introduction to Paper Technology University of Maine. Orono, Maine.
- Stuart, R.C. 1996. Development TMP Fiber and Quality of Pulp. Appita Journal 49 (5): 197-210.
- Typuk A. and W. Kartiwa. 2000. How Utilize Fungi and their Enzim for Clean Product of Pulp and Paper. Proceeding of Tappi Annual Meeting and Pacific Conference, Japan.
- Typuk A. 2002. Jamur untuk Industri Pulp dan Kertas Ramah Lingkungan. Inovasi Teknologi BPPT 1(12): 22-23.
- Vipart. B. 1993. Evaluating the Anaerobic Treatiability of Themomecanical Pulping Waste Water Treatment. Pulp and Paper Canada 91(3):193.
- Valchev, I. and P. Tsekova. 2010. Xylanase Post-treatment as a Progress in Bleaching Processes. Apita Journal .63(1): 53-56.

Wawan Kartiwa Haroen

Peneliti Utama

Balai Besar Pulp dan Kertas, Kementerian Perindustrian
(Central for Pulp and Paper, Ministry of Industry)

Jl.Raya Dayeuhkolot 132 Bandung

Telp : 022-5202980

Fax : 022-5202871

Email : wawankh@yahoo.com

wawankh@depperin.go.id