

PULPING SODA PANAS TERBUKA BAMBU BETUNG DENGAN PRAPERLAKUAN FUNGI PELAPUK PUTIH (*PLEUROTUS OSTREATUS* DAN *TRAMETES VERSICOLOR*)

Open Hot Soda Pulping of Betung Bamboo Using White Rot Pretreatment (Pleurotus Ostreatus and Trametes versicolor)

Widya FATRIASARI¹, Riksfardini Annisa ERMAWAR¹, Faizatul FALAH¹, Dede Heri Yuli YANTO¹, Euis HERMIATI¹

Corresponding Author : fatriasari@yahoo.com

ABSTRACT

This research was conducted to study the effects of pretreatment with white-rot fungi on pulp properties of betung bamboo. Inoculum stocks of white-rot fungi (25 ml) were injected into polybag contained barkless fresh bamboo chips of 1.6 cm in width. Each polybag contained 221.21-230.43 g oven dry weight of chips. Bamboo chips in the polybags were inoculated by *P. ostreatus* and *T. versicolor*. Both of them were then incubated for 30 and 45 days in an incubator. Bamboo chips were cooked in open hot soda process. The cooked bamboo chips were then fibrillated using beater hollander and stone refiner. Yield, kappa numbers (TAPPI 236 cm-85) and freeness (CSF) of the pulp were then analyzed. Pulp yield pretreated with *P.ostreatus* and incubated for 30 days was the highest (increased by control 22.31%), while that pretreated with *T.versicolor* was the lowest (decreased by control 22.20%). The increasing of incubation time had positive correlation with the reduction of kappa number. Statistic test (ANOVA) at 95% level of confidence show that fungi give significant effect on kappa number, freeness, and kappa number degradation. Besides that fungi, the interaction between fungi and incubation times give significant effect on the yield changes and pulp yield. *T. versicolor* had better activity in 45 days of incubation. Pulp freeness resulted from this study were still lower than the desired value. Pretreatment of betung bamboo using *T. versicolor* with 45 days of incubation was considered better than the other treatments.

Keywords : Betung bamboo, biopulping, pulp yield, kappa number, degree of freeness

PENDAHULUAN

Bambu merupakan kelompok rumput-rumputan dan bahan baku non kayu yang digunakan paling banyak untuk produksi

kertas dan papan serat di Asia (Assumpcao 1992; Atchison 1998 dalam Vu *et al.* 2004). Bambu menghasilkan selulosa per ha 2-6 kali lebih besar dari pinus. Peningkatan biomassa bambu per hari 10-30%, sedangkan pohon peningkatannya sebesar 2,5%. Selain itu bambu juga dapat dipanen dalam 4 tahun, dibandingkan dengan pohon cepat tumbuh yaitu 8-20 tahun (Herliyana *et al.* 2005). Berdasarkan morfologi serat dan sifat fisis-kimianya, bambu betung dan bambu kuning lebih sesuai untuk bahan baku pulp dari pada bambu tali, bambu andong, bambu ampel dan bambu hitam (Fatriasari dan Hermiati 2006).

Dimensi serat dan kandungan kimia bambu menyerupai kayu, sehingga delignifikasi bambu secara konvensional berdasarkan teknik yang mirip dengan yang umumnya diaplikasikan pada pembuatan pulp dari kayu (Vu *et al.* 2004). Cairan kimia pemasak berfungsi merombak sebagian ikatan lignin (Haygreen dan Bowyer 1989). Keberadaan lignin dalam pulp, umumnya memiliki pengaruh yang kurang baik terhadap kualitas pulp karena serat menjadi kaku sehingga sulit difibrilasi (ikatan serat terhambat) sehingga yang menyebabkan kekuatan fisik pulp rendah. Kandungan lignin yang tinggi menyebabkan warna pulp lebih gelap. Kandungan lignin yang tinggi akan mempertinggi konsumsi bahan kimia pemasak dan memerlukan waktu penggilingan yang lebih lama. Berdasarkan penelitian Fatriasari *et al.* (2007), kondisi optimal pembuatan pulp bambu betung dan kuning dengan proses soda panas terbuka adalah menggunakan konsentrasi NaOH 20% dengan penggilingan *hollander beater* selama 90 menit dan *refining* dengan *stone refiner* 1 kali.

Pada industri pulp dan kertas, pembuatan pulp dengan proses mekanis dan kimia atau kombinasi keduanya memiliki kelemahan. Proses mekanis memerlukan energi lebih tinggi dan memproduksi kertas dengan tingkat perubahan warna yang lebih tinggi (cenderung berwarna kuning sejalan dengan waktu) sebagai akibat kandungan lignin yang tinggi dalam bahan baku. Pulp kimia membutuhkan banyak bahan kimia untuk mendegradasi dan melarutkan lignin serta melepaskan serat yang berselulosa tinggi pada dinding sel. (Akhtar *et al.* 2002 dalam Ermawar *et al.* 2006). Oleh karena itu, untuk

¹ UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial-LIPI

mengurangi kadar lignin ini diperlukan kombinasi beberapa metode agar proses lebih ekonomis dan menghasilkan kualitas pulp dan kertas yang lebih baik (Ermawar et al. 2006).

Biopulping merupakan pemberian perlakuan pendahuluan pada bahan berlignoselulosa sebelum proses pembuatan pulp. Penelitian pemanfaatan jamur pelapuk putih dalam proses pembuatan pulp sebagian besar dilakukan pada bahan kayu (Scott et al. 1995; Akhtar 1998; Mosai et al. 1999; Behrendt et al. 2000; Hunt et al. 2004, Shukla 2004). Teknologi biopulping potensial untuk membuat kertas dari tanaman non kayu (Akhtar 1998). Proses biopulping pada bahan lain, misalnya bagasse dilaporkan oleh Ramos et al. (2001); Johnsson et al. (1987) dalam Akhtar et al. (1998) dan pada kenaf, jerami padi, batang jagung, jerami padi dan gandum dilaporkan oleh Akhtar et al. (1999), sedangkan pada tandan kosong kelapa sawit dilaporkan oleh Away et al. (2002). Seluruh hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan jamur mengurangi energi *refining* dan memperbaiki sifat kekuatan kertas. Pulp dengan proses bio-mekanis mampu mengurangi konsumsi energi selama *refining*, mengurangi polusi lingkungan, dan memperbaiki kekuatan kertas (Behrendt et al. 2000). Selain itu, menurut Perez et al. (2002), perlakuan biologis menghilangkan ekstraktif pada kayu dan mengurangi *pitch* dan efek toksik.

Jamur pelapuk putih merupakan kelompok *basidiomycetes* yang paling efektif mendegradasi lignin dari kayu (Perez et al. 2002). Referensi lain menyatakan bahwa jamur ini paling efektif dalam perlakuan pendahuluan secara biologis pada bahan-bahan berlignoselulosa (Fan et al. 1987 dalam Sun and Cheng 2002). Jamur ini memproduksi serangkaian enzim yang terlibat langsung dalam perombakan lignin, sehingga sangat membantu proses delignifikasi pada biomassa lignoselulosa. Peningkatan perhatian ke lingkungan mendorong makin berkembangnya kombinasi proses biologis dengan pulping konvensional karena proses ini lebih ramah lingkungan dan diharapkan mendorong penurunan biaya proses.

Ermawar et al. 2006 melaporkan bahwa *Trametes versicolor* dan *Pleurotus ostreatus* memiliki aktivitas jamur yang paling baik pertama dan kedua dalam merombak lignin dan holoselulosa dalam jerami padi diantara empat jenis jamur pelapuk putih yang diteliti. Waktu inkubasi optimum 4 minggu, dan nilai kandungan lignin pada inkubasi 4 dan 6 minggu tidak berbeda nyata. Selain itu, Fitria et al. 2007, juga mengungkapkan bahwa kondisi optimal dalam praperlakuan jamur pelapuk putih pada bagasse adalah menggunakan jamur *T. versicolor* dengan lama inkubasi 4 minggu dan jumlah inokulum 15 ml dengan kehilangan lignin 22,29% dan kehilangan alfaselulosa 3,75%. Dua kelompok enzim yang terlibat dalam degradasi lignin adalah *peroxidase* dan *laccase*. Enzim ini menggunakan mediator yang berberat molekul rendah untuk menyerang lignin (Perez et al. 2002).

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh perlakuan awal dengan jamur *Trametes versicolor* dan

Pleurotus ostreatus pada pulp bambu betung terhadap rendemen, bilangan kappa dan derajat kehalusan serat (*degree of freeness*) serta selektifitas delignifikasi.

METODOLOGI

Persiapan Bahan Baku

Bambu segar tanpa kulit yang digunakan adalah bambu kuning (*Bambusa vulgaris* Schard var. *vitata*) dan bambu betung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f.) Backer ex Heyne), berumur kurang lebih 2 tahun dari Nanggawer, Cibinong. Bambu tersebut dibuat serpih berukuran tebal $\pm 1,6$ cm dengan drum *chipper* dan *hammermill*. Untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme kontaminan, selanjutnya serpih bambu disimpan dalam lemari pendingin sampai siap digunakan. Sehari sebelum digunakan potongan bambu tersebut dikeluarkan dari lemari pendingin dan dibiarkan sampai mencapai suhu ruang. Bambu yang akan diberi perlakuan jamur disterilkan dari kontaminan dengan uap panas terbuka (dengan *autoclave*) selama 10 menit pada suhu 121 °C.

Persiapan Inokulum

Biakan jamur *Trametes versicolor* dan *Pleurotus ostreatus* dikultur pada medium *slant Malt Extract Agar* (MEA) (dalam 300 ml *aquades* dilarutkan 10,65 g MEA) selama 7 hari. 5 ml medium *JIS Broth* dimasukkan ke dalam masing-masing *slant*, jamur kemudian dirontokkan dengan ose. Suspensi tersebut kemudian dituang ke dalam 95 ml medium *JIS Broth* (dalam 1 liter *aquades* ditambahkan 3 g KH_2PO_4 , 2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 25 g glukosa, 5 g pepton, dan 10 g *malt extract*) dan diinkubasi selama 7 hari (untuk *Trametes versicolor*) dan 8 hari (untuk *Pleurotus ostreatus*) dalam kondisi stasioner. Sebanyak 10 gram *corn steep liquor* dituangkan ke dalam inokulum. Inokulum dihomogenkan dengan *waring blender* dengan kecepatan tinggi selama dua kali 20 detik. Campuran ini dinamakan Inokulum stok.

Metode Inokulasi

Serpih bambu (220-230 g berat kering oven) dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas. Sebanyak 25 ml inokulum stock *P. ostreatus* atau *T. versicolor* diinjeksikan ke dalam kantong yang berisi serpih bambu secara merata. Serpih bambu dalam kantong plastik kemudian diinkubasi dalam inkubator suhu 24-27 °C untuk serpih yang diberi *P. ostreatus* dan suhu ruang (29-30 °C) untuk yang diberi *T. versicolor* selama 30 dan 45 hari.

Pembuatan dan Pengujian Pulp

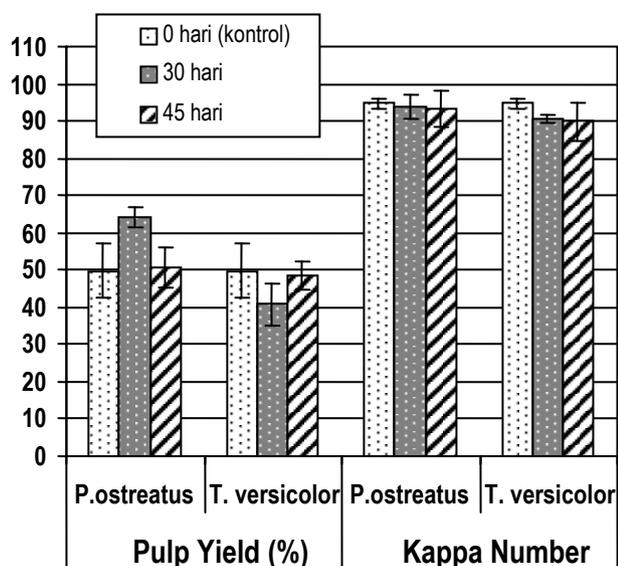
Serpih bambu yang telah diinkubasi dengan kedua jenis jamur sampai masa inkubasi berakhir dikukus selama 30 menit untuk melunakkan serpih. Serpih bambu kemudian dimasak

dengan proses soda panas terbuka dengan kondisi sebagai berikut : NaOH 20% terhadap BKO (berat kering oven), L/W = 1:0 (L=berat serpih, W=larutan pemasak), lama pemasakan 2 jam, pada suhu 100 °C. Setelah dimasak, serpih dicuci sampai bebas alkali dan selanjutnya digiling/difibrilasi dengan *hollander beater* selama 90 menit dan direfiner dengan *stone refiner* 1 kali. Pulp hasil penggilingan tersebut kemudian dihitung rendemennya dan dianalisa bilangan Kappa (TAPPI 236 cm-85) serta *degree of freeness*nya (CSF) masing-masing 3 kali ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Pulp

Besarnya rendemen yang diperoleh merupakan kriteria dalam menentukan efektifitas proses pulping yang dilakukan semakin tinggi nilai rendemen, maka proses pulp akan semakin efektif. Dalam pembuatan pulp semi kimia ini terdapat beberapa tahapan proses mulai pemasakan sampai penggilingan dengan *hollander beater* dan *stone refiner* dimana dalam setiap tahapan proses yang dilalui akan terjadi kehilangan rendemen. Pada umumnya rendemen pulp semi kimia berkisar antara 60-75%, berarti rendemen pulp bambu betung kontrol (49,8%) jauh lebih rendah. Tetapi rendemen ini hampir sama nilainya dengan rendemen pulp bambu proses soda penelitian Vu *et al.* 2004 yaitu sebesar 50,5%. Hal ini kemungkinan karena terjadinya banyak kehilangan pulp selama proses penggilingan, dimana proses penggilingan yang tidak optimum menyebabkan banyak serat yang patah. Berdasarkan Fatriasari *et al.* 2007, kehilangan pulp yang terbesar ketika proses penggilingan dengan *stone refiner* sebesar 23,14% (NaOH 20%, 90 menit *hollander beater* dan *direfiner* dengan *stone refiner* 1 kali).



Gambar 1. Rendemen dan bilangan kappa pulp bambu betung dengan perlakuan jamur pelapuk putih

Gambar 1 menunjukkan nilai rendemen pulp bambu betung dan bilangan kappa yang diberi perlakuan jamur pelapuk putih pada tiap waktu inkubasi. Menurut Perez *et al.* 2002 pada proses *biopulping* perlakuan dengan jamur akan memperbaiki penetrasi kimia dan meminimalisasi penggunaan bahan kimia serta pada *biopulping* dengan proses kraft mengindikasikan adanya perbaikan rendemen pulp. Fenomena yang sama ini hanya terjadi pada perlakuan *P. ostreatus*.

Pada dasarnya penggunaan NaOH sebagai larutan pemasak berfungsi untuk mendegradasi lignin sehingga memudahkan dalam pemisahan serat. Larutan NaOH bisa menyerap ke dalam struktur amorf dan kristalin dalam dinding serat, yang menyebabkan pengembangan (pembesaran) penampang melintang diameter serat dan lumen serta penipisan dinding serat, tetapi pada proses pelunakkan lignin, sebagian hemiselulosa maupun selulosa ikut terlarut sehingga berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan

Fraksi rantai selulosa yang terdegradasi, terutama pada bagian amorf yang mudah terjangkau oleh pereaksi atau selulosa yang berderajat polimerisasi rendah (Fitria *et al.* 2006). Hal ini didukung oleh penelitian Ermawar *et al.* 2006 dan Fitria *et al.* 2007 yang melaporkan bahwa bersamaan dengan hilangnya lignin terjadi kehilangan holoselulosa (alfaselulosa dan hemiselulosa), dimana dengan makin lamanya inkubasi jamur makin besar pula kehilangan holoselulosanya. Pada substrat yang sama aktivitas jamur *T. versicolor* secara fisik tampaknya memberikan respon yang lebih baik, yang ditunjukkan dengan hifa jamur yang lebih banyak melingkupi substrat. Hasil analisis statistik ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% juga menunjukkan bahwa jenis jamur dan interaksi antara jenis jamur dan lama inkubasi secara simultan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai rendemen yang diperoleh.

Jika dibandingkan rendemen dengan penelitian *biopulping* bambu betung oleh Fitria *et al.* 2006 yang menggunakan jamur *Schizophyllum commune* dengan nilai sebesar 58,33% pada inkubasi 4 minggu, maka hanya perlakuan *P. ostreatus* 30 hari yang memiliki rendemen yang lebih tinggi. Hal ini berarti kinerja jamur pada bambu betung pada inkubasi 30 hari dilihat dari segi rendemen yang terbaik berturut-turut yaitu *P. ostreatus*, *S. commune* dan *T. versicolor*.

Bilangan Kappa

Bilangan kappa menunjukkan tingkat kematangan dan daya terputihkan atau derajat delignifikasi pulp. Bilangan ini dapat dijadikan sebagai alat untuk membandingkan kadar lignin antar perlakuan. Pulp dengan derajat kematangan yang baik akan memberikan nilai bilangan kappa yang rendah dalam pengujiannya. Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu inkubasi kedua jamur menyebabkan bilangan kappa pulp bambu betung semakin turun. Jika dibandingkan dengan nilai bilangan kappa kontrol, tampak bahwa perlakuan jamur ini mampu memberikan efek yang positif yaitu penurunan nilai bilangan kappa. Hal ini dapat dijelaskan akibat aktivitas yang lebih intensif pada proses

pendegradasian lignin dengan semakin lamanya waktu inkubasi. Penurunan bilangan kappa ini terjadi akibat sekresi enzim *ligninolytic* oleh jamur. *P.ostreatus* dan *T.versicolor* memproduksi 3 jenis enzim *ligninolytic* yaitu *laccase*, lignin peroxidase (LiP) dan manganase peroxidase (Kofujita 1991; Rutiman et al. 1992; in Lobos et al. 2001 in Ermawar et al. 2006) dan (Hossain and Anantharaman 2006).

Seperti pada rendemen, terjadi pula perbedaan pengaruh penurunan bilangan kappa antara kedua jamur. Studi sebelumnya dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) menunjukkan bahwa *P. ostreatus* dengan inkubasi 8 minggu mendegradasi dinding sel dan lamela tengah pada kayu *beech* (Syawina et al. 2002 dalam Ermawar et al. 2006), sedangkan untuk studi tentang kemampuan *T. versicolor* dengan SEM belum dilaporkan sampai saat ini. Berdasarkan analisis statistik ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa hanya jenis jamur yang berpengaruh nyata terhadap nilai bilangan kappa.

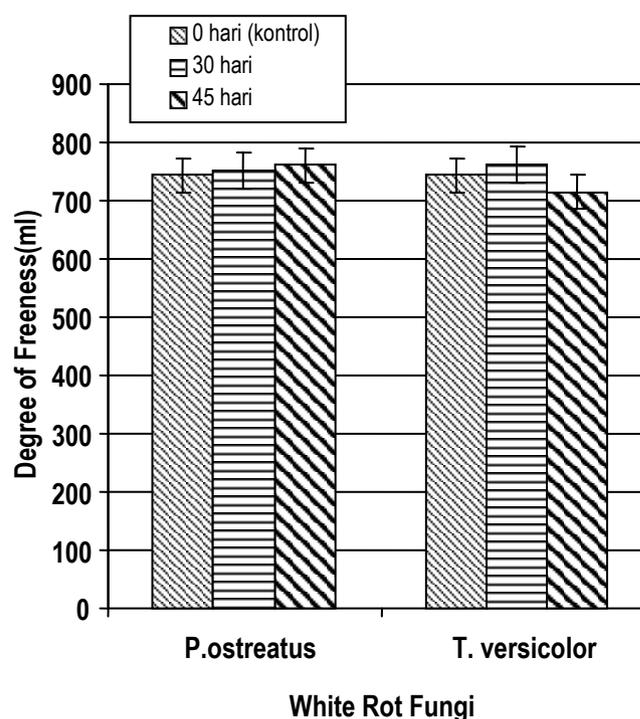
Nilai bilangan kappa kontrol jika dibandingkan dengan penelitian Vu et al. (2004) pada *Bambusa procera* tampak bahwa nilai bilangan kappanya masih relatif tinggi, dimana pulp dengan proses soda dengan EA (*effective alkali*) 20% memiliki bilangan kappa 33,1. Sedangkan untuk nilai bilangan kappa pulp bambu yang belum terputihkan proses kraft normalnya 18-30 (Bhargava, 1987 dalam Vu et al. 2004). Hal ini kemungkinan karena pada proses pembuatan pulp yang digunakan yaitu soda panas terbuka hanya menggunakan suhu pemasakan 100 °C selama 2 jam sedangkan pada proses soda dan kraft tersebut menggunakan suhu dan waktu masing-masing 165 °C (165 °C dan 170 °C) dan 180 menit (110-180 menit). Suhu tinggi yang berkorelasi dengan pemakaian tekanan tinggi dan waktu yang lebih lama pada proses pembuatan pulp menyebabkan kondisi yang lebih keras dan ruang yang lebih banyak bagi aktivitas cairan pemasak untuk lebih intensif dalam mendegradasi lignin bambu.

Derajat Kehalusan Serat/Degree of Freeness

Derajat *freeness* pulp adalah jumlah (ml) air yang ditampung melalui saluran samping pada alat *freeness tester*. Jika air melewati pulp dengan cepat maka sebagian besar air akan melewati saluran samping, sehingga akan memberikan nilai *freeness* yang tinggi, tetapi jika lembaran pulp menahan air (laju keluarnya air lambat) maka sebagian kecil air akan melewati saluran samping, sehingga nilai *freeness* pulp yang diperoleh rendah.

Gambar 2 menunjukkan pengaruh perlakuan jamur *P. ostreatus* dan *T. versicolor* terhadap derajat kehalusan serat pulp bambu. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada pulp yang diberi perlakuan jamur *P. ostreatus* semakin lama masa inkubasi, derajat *freeness*nya semakin meningkat, sedangkan pada pulp yang diberi perlakuan *T. versicolor* sebaliknya. Secara fisik setelah perlakuan jamur semua serpih bambu menjadi relatif lebih lunak, namun ternyata tidak

berpengaruh positif terhadap derajat *freeness* pulp, kecuali pada contoh yang diberi perlakuan *T. versicolor* dengan lama inkubasi 45 hari. Kemungkinan yang banyak mempengaruhi *freeness* adalah proses fibrilasinya, dalam hal ini kerapatannya *disk refiner*. Derajat *freeness* pulp yang diperoleh dari berbagai kombinasi perlakuan ini masih relatif tinggi sehingga belum memenuhi persyaratan pembuatan kertas yang baik. Berdasarkan analisis statistik ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa hanya jenis jamur yang berpengaruh nyata terhadap nilai derajat kehalusan serat. Hal ini berarti karena inkubasi yang lebih lama tidak berpengaruh maka lebih disarankan menggunakan waktu inkubasi yang lebih pendek (30 hari).



Gambar 2. Derajat kehalusan serat pulp bambu betung dengan praperlakuan jamur pelapuk putih

Selektifitas Delignifikasi

Tabel 1 menunjukkan nilai penurunan bilangan kappa, lignin klason, selektifitas delignifikasi, dan kenaikan/penurunan rendemen kedua jenis jamur pada berbagai waktu inkubasi. Kinerja jamur *T. versicolor* pada pulp bambu betung tampaknya memberikan hasil yang lebih baik, dimana penurunan bilangan kappa, selektifitas delignifikasi yang terbesar dan kandungan lignin klason terendah pada inkubasi 45 hari. Sedangkan untuk respon terhadap kenaikan rendemen terbaik justru pada perlakuan dengan jamur *P. ostreatus* 30 hari.

Tabel 1. Pengaruh jenis jamur terhadap penurunan bilangan kappa, lignin klason, selektifitas delignifikasi dan kenaikan/penurunan rendemen pada pulp bambu betung

Perlakuan	Waktu Inkubasi (hari)	Penurunan Bilangan Kappa (%)	Lignin Klason	Selektifitas Delignifikasi	Kenaikan/Penurunan Rendemen (%)
Tanpa Jamur	0	0	12,31	7,12	0,00
<i>P. ostreatus</i>	30	0,92	12,20	6,95	22,21
	45	1,49	12,09	7,24	1,43
<i>T. versicolor</i>	30	4,24	12,06	7,43	-22,20
	45	5,10	11,60	7,59	-2,82

Tabel 2. Sifat-sifat pulp bambu betung dengan praperlakuan jamur pelapuk putih

Jamur	Inkubasi (hari)	Kappa Number	Rendemen (%)	Freeness (ml)	Selektifitas Delignifikasi	Degradasi Rendemen (%)	Skore	Ranking
<i>T. versicolor</i>	30	90,71 ³ ±1,1	40,84 ¹ ±5,8	761,3 ¹ ±3,2	7,43 ³ ±3,2	-22,2 ¹ ±13,7	9	4
	45	89,89 ⁴ ±4,9	48,47 ² ±3,6	715,0 ⁴ ±7,7	7,59 ⁴ ±4,9	-2,82 ² ±8,1	16	1
<i>P. ostreatus</i>	30	93,85 ¹ ±3,4	64,1 ⁴ ±2,5	752,52 ³ ±3,2	6,95 ¹ ±5,2	22,31 ⁴ ±10,5	13	2
	45	93,31 ² ±4,6	50,6 ³ ±5,5	760,6 ² ±20,5	7,24 ² ±5,1	1,43 ³ ±3,1	12	3

Selektifitas delignifikasi sebagai suatu ukuran keefektifan proses pulping melibatkan kinerja jamur. Secara umum *T. versicolor* menunjukkan kinerja yang lebih baik dari pada *P. ostreatus*. Hal ini berarti aktivitas pendegradasian lignin lebih intensif dibandingkan dengan pendegradasian terhadap karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa). Hanya saja, jika dibandingkan jamur akan mengurangi konsumsi bahan kimia pemasak sehingga rendemen cenderung naik. Lama inkubasi memberikan respon terhadap rendemen yang berbeda terhadap aktivitas masing-masing jamur terutama untuk inkubasi 30 hari. Lebih lanjut berdasarkan analisis statistik ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa semua faktor tidak berpengaruh nyata terhadap selektifitas delignifikasi. Sedangkan jenis jamur berpengaruh nyata terhadap penurunan bilangan kappa. Penurunan/kenaikan rendemen secara nyata dipengaruhi oleh jenis jamur dan interaksi jenis jamur dan lama inkubasi pada analisis statistik ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95%. Analisis statistik terhadap lignin klason tidak dilakukan karena nilainya merupakan fungsi dari bilangan kappa yang diperoleh.

Hal ini didukung oleh penelitian Ermawar *et al.* 2006 pada jerami padi, yang menunjukkan bahwa jamur *T. versicolor* memiliki aktivitas pendegradasian lignin yang paling baik. Hal ini kemungkinan karena *T. versicolor* memiliki tingkat kecocokan dengan kondisi inkubasi pada substrat bambu, sehingga kinerjanya lebih optimal. Berdasarkan Ermawar *et al.* 2006, perlakuan *P. ostreatus* pada jerami padi menyebabkan kehilangan lignin yang lebih rendah yaitu 31,28%, dibandingkan perlakuan *T. versicolor* sebesar 33,735%. Selain itu Fitria *et al.* 2007 melaporkan bahwa pada perlakuan *T. versicolor* pada bagasse dengan jumlah inokulum 25 ml memberikan hasil penurunan lignin yang lebih baik bersamaan dengan bertambahnya waktu inkubasi. Tetapi perlu dilakukan studi mikroskopis untuk mengetahui aktivitas masing-masing jamur dalam mendegradasi lignin.

Hasil skoring parameter yang diujikan disajikan pada Tabel 2. Pemberian skor mulai dari angka 1 sampai 4, dimana skor 4 menunjukkan untuk nilai terbaik, sedangkan skor 1 merupakan nilai terendah dari suatu parameter yang diuji. Nilai ini merupakan akumulasi dari beberapa parameter yang diujikan, hal ini dilakukan untuk mengetahui perlakuan yang terbaik diantara kombinasi perlakuan lainnya. Berdasarkan tabel tersebut tampak bahwa perlakuan jamur *T. versicolor* dengan lama inkubasi 45 hari menghasilkan skor tertinggi.

KESIMPULAN

Perlakuan jamur pelapuk putih *Pleurotus ostreatus* dan *Tremetes versicolor* pada serpih bambu betung dalam proses pulping dengan proses soda panas terbuka memberikan pengaruh terhadap sifat pulp yaitu bilangan kappa dan freeness dan rendemen. Rendemen pulp tertinggi (kenaikan 22,31%) diperoleh dari perlakuan *P. ostreatus* dengan lama inkubasi 30 hari, sedangkan yang terendah (penurunan 22,21%) dari perlakuan *T. versicolor* dengan lama inkubasi 30 hari. Peningkatan lama inkubasi kedua jenis jamur berkorelasi positif dengan penurunan bilangan kappa. Penurunan bilangan kappa yang tertinggi (5,10%) diperoleh pada pulp dengan perlakuan *T. versicolor* dan lama inkubasi 45 hari. Perlakuan *T. versicolor* dengan lama inkubasi 45 hari memberikan efek positif terhadap derajat freeness pulp, sedangkan perlakuan lainnya tidak. Derajat freeness pulp yang diperoleh dari berbagai kombinasi perlakuan ini masih belum memenuhi persyaratan pembuatan kertas yang baik. Hasil uji statistik ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis jamur berpengaruh nyata terhadap bilangan kappa, freeness, dan penurunan bilangan kappa sedangkan jenis jamur, interaksi antara jenis jamur dan lama inkubasi berpengaruh nyata terhadap penurunan/kenaikan rendemen dan rendemen.

Perlakuan bambu betung dengan *T. versicolor* dengan lama inkubasi 45 hari menghasilkan pulp yang relatif lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Away Y, Goenadi DH, Pasaribu RA, Santosa GI. 2002. Biopulping Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Kertas Koran Skala Pilot. Puslit Biotek Perkebunan. <http://www.fao.org/agris/search/display.do?f=2005/ID/ID0506.xml;ID2005000569>
- Akhtar M, Lentz MJ, Blanchette RA, Kirk TK. 1997. Corn Steep Liquor Lowers the Amount of Inoculum for Biopulping. *TAPPI Journal Online* 80 (6): 162-164
- Akhtar M. 1998. Method of Enhancing Biopulping Efficacy. US Pat No. 5750005
- Akhtar M, EG Horn, MJ Lentz, GM Scott, MS Sykes, GC Myers, TK Kirk, RE Swaney. 1999. Toward Commercialization of Biopulping. *Paper Age*. February 1999
- Behrendt CJ, RA Blanchette, M Akhtar, SA Enebak, S Iverson, DP Williams. 2000. Biomechanical Pulping with *Phlebiopsis gigantea* Reduced Energy Consumption and Increased Paper Strength. *Tappi Journal Peer Reviewed Paper* 83 (9) : 1-8
- Ermawar RA, Yanto DHY, Fitria, Hermiati E. 2006. Biodegradation of Lignin in Rice Straw Pretreated by White-rot Fungi. *Jurnal Widya Riset* 9 (3) : 197-202
- Fatriasari W, Hermiati E. 2006. Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia Pulp Bambu Betung dan Kuning Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas. *Prosiding Seminar nasional Mapeki IX*. Tenggarong. 3-5 September 2006, pp106-115
- Fatriasari W, Falah F, Yanto DHY, Hermiati E. 2007. Optimalisasi Pemasakan Proses Soda Panas Terbuka dan Penggilingan Pulp Bambu Betung dan Kuning. *Prosiding Seminar Nasional X MAPEKI*. Pontianak. 8-12 Agustus 2007, pp C-560-C-567
- Fitria, Ermawar RA, Fatriasari W, Fajriutami T, Yanto DHY, Falah F, Hermiati E. 2006. Biopulping Bambu Menggunakan Jamur Pelapuk Putih *Schizophyllum commune*. Laporan Teknik Akhir Tahun 2006, Penelitian dan Penguasaan Teknologi, UPT BPP Biomaterial LIPI
- Fitria, Yanto DHY, Ermawar RA, Hermiati E. 2007. Pengaruh Perlakuan Pendahuluan dengan Jamur Pelapuk Putih (*Trametes versicolor* dan *Pleurotus ostreatus*) terhadap Kadar Lignin dan Selulosa Bagasse. Laporan Teknik Akhir Tahun 2007, Penelitian dan Penguasaan Teknologi, UPT BPP Biomaterial LIPI
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Herliyana EN, Noverita, Lisdar IS. 2005. Fungi pada Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris* schard var. vitata) dan Bambu Hijau (*Bambusa vulgaris* schard var vulgaris) serta Tingkat Degradasi yang Diakibatkannya. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 18: 2-10
- Hossain SK, Anantharaman MN. 2006. Activity Enhancement of Ligninolytic Enzymes of *Trametes Versicolor* with Bagasse Powder. *African Journal of Biotechnology* 5(1) : 189-194
- Hunt C, Kenealy W, Horn E, Houtman C. 2004. A Biopulping Mechanism: Creation of Acid Groups on Fiber. *Holzforchung*, 58: 434 – 439
- Mosai S, Wolfaardt JF, Prior BA, Christov LP. 1999. Evaluation of Selected White-Rot Fungi for Biosulfite Pulping. *Bioresource Technology*, 68 : 89 – 93
- Perez J, Munoz-Dorado J, De la Rubia T, Martinez J. 2002. Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: an Overview, *Int. Microbiol* 5 : 53-63
- Ramos J, Gonzalez M, Ramirez F, Young R, Zuniga V. 2001. Biomechanical and Biochemical Pulping of Sugarcane Bagasse with *Ceriporiopsis subvermispota* Fungal and Xylanase Pretreatments. *J. Agric Food Chem* 49: 1180-1186.
- Scott GM, Akhtar M, Lentz M. 1995. Fungal Pre-treatment of Wood Chips for Sulfite Pulping. *Proceedings of the 1995 TAPPI Pulping Conference, Book I*, pp 355 – 361
- Shukla OP. 2004. Biopulping and Biobleaching: An Energy and Environment Saving Technology for Indian Pulp and Paper Industry. *Enviro News Newsletter of ISEB India* 10(2)
- Sun Y, Cheng J. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol production: a Review. *Bio resource Technology*, 83: 1-11
- TAPPI. 1993. Kappa Number of Pulp : The Pulp Properties Committee of The Process and Product Quality Division
- Vu THM, Pakkanen H, Alen R. 2004. Delignification of Bamboo (*Bambusa procera acher*) Part 1. Kraft Pulping and The Subsequent Oxygen Delignification to Pulp with a Low Kappa Number. *Industrial Crops and Products*. An International Journal, 19: 49-50. www.elsevier.com/indocrop