

STUDI PERANAN FUNGI PELAPUK PUTIH DALAM PROSES BIODELIGNIFIKASI

KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)

*Study on the Role of White Rot Fungi in Biodelignification of Sengon Wood (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)*

Rena M. Siagian, Han Roliadi, Sihati Suprapti dan Sri Komarayati

ABSTRACT

*Pulp and paper mills utilizing wood materials in Indonesia mostly employ the sulphate (Kraft) process, due to its superiority. Yet it offers unfortunate weakness, among which is its contribution to the environmental pollution. Hence, it is necessary to develop appropriate technique but environmentally friendly to deal with the environmental concerns, such as biopulping process which incorporates fungi activities to degrade lignin in wood. This experiment was mainly aimed at procuring particular fungi isolates able to do so effectively and maximally on the lignin in sengon wood (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen), but minimally destroying the holocellulose.*

The results revealed that the participation of fungi could significantly decrease lignin and extractive in sengon wood. The most substantial decrease in lignin brought about by three particular fungi isolates in decreasing order, i.e. HHB 252 (up to 20.22%), HHB 302 (20.45%) and Schizophyllum commune (21.48%). Meanwhile, the lowest decrease in holocellulose was due to the use of HHB 259 (up to 73.23%), followed by Schizophyllum commune (71.9%), and HHB 252 (71.82%).

To sum-up, the best-performance fungi in the biodelignification of sengon wood was HHB 252, followed by HHB 302 and Schizophyllum commune isolates. Those three fungi isolates decreased substantially the lignin content, but concurrently brought about minimum degradation on the holocellulose, as indicated by their respective ratio of lignin to holocellulose contents, i.e. 0.282, 0.289 and 0.299.

Key words: *white-rot fungi, biodelignification, sengon wood*

ABSTRAK

Industri pengolahan pulp yang menggunakan bahan baku kayu di Indonesia umumnya menerapkan proses sulfat (kraft), karena mempunyai banyak keunggulan. Akan tetapi dibalik itu proses sulfat mempunyai kelemahan, salah satunya adalah kontribusinya terhadap pencemaran lingkungan. Untuk menekan pencemaran lingkungan dikembangkan teknologi, seperti proses biopulping yang menggunakan fungi pelapuk putih untuk mendegradasi lignin. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis fungi yang dapat mendegradasi lignin semaksimal mungkin tetapi secara minimal merusak holoselulosa dan hemiselulosa untuk dapat digunakan dalam proses biopulping.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian fungi mampu menurunkan kadar lignin dan zat ekstraktif kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen). Penurunan kadar lignin terbaik terjadi pada pemberian fungi HHB 252 (20,22%) diikuti oleh HHB 302 (20,45%) dan HHB 204 (21,48%). Penurunan kadar holoselulosa kayu sengon yang

terendah terjadi pada pemberian fungi HHB 259 (73,23%) diikuti oleh HHB 204 (71,90%) dan HHB 252 (71,82%).

Jenis fungi terbaik untuk biodelignifikasi kayu sengon adalah HHB 252, diikuti oleh HHB 302 dan *Schizophyllum commune* (HHB 204). Ketiga jenis fungi tersebut menurunkan kadar lignin cukup baik dan merusak holoselulosa kayu sengon minimal dengan nisbah kadar lignin terhadap holoselulosa berturut-turut 0,282; 0,289 dan 0,299.

Kata kunci : *fungi pelapuk putih, biodelignifikasi, kayu sengon*

PENDAHULUAN

Dalam memproduksi pulp umumnya industri pulp di Indonesia berbahan baku kayu menggunakan proses kimia terutama kimia sulfat. Proses kimia sulfat lebih banyak dipilih industri penghasil pulp, karena dapat mengolah berbagai jenis kayu secara campuran, menghasilkan kekuatan pulp yang tinggi dan waktu pemasakan relatif pendek. Akan tetapi penerapan proses kimia sering menimbulkan masalah pencemaran lingkungan akibat buangan sisa bahan kimia dalam proses pengolahan pulp, baik limbah cair sisa pemasakan maupun limbah cair pemutihan yang mengandung klor. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan perlu dipikirkan cara pengolahan pulp yang ramah lingkungan.

Teknologi pengolahan pulp telah ditemukan yang terbukti lebih aman terhadap lingkungan. Teknologi tersebut antara lain adalah modifikasi proses sulfat konvensional, penggunaan bahan kimia organik dalam proses pulping (Proses organosolv) dan pemanfaatan mikroba dalam pengolahan pulp (biopulping) ataupun dalam pemutihan pulp (biobleaching). Teknik pengolahan pulp dengan menggunakan mikroba (bio-pulping) diharapkan dapat mengatasi kekhawatiran pencemaran lingkungan.

Pengolahan pulp secara biologi tidak lain suatu proses yang memanfaatkan mikroba untuk melemahkan struktur kayu melalui cara degradasi lignin. Pengurangan lignin di dalam serpih akan mengurangi pemakaian bahan kimia dan energi di dalam pemisahan serat. Jenis mikroba yang digunakan adalah fungi pelapuk putih (*white rot fungi*), yang diketahui mampu mendegradasi lignin. Namun kemampuan setiap jenis FPP berbeda di dalam mendegradasi lignin dan bahan penyerta lain serta tidak banyak merusak selulosa dan hemiselulosa.

Dalam kaitannya mencukupi kebutuhan bahan baku pulp kertas, dilakukan pembangunan hutan tanaman secara luas melalui reboisasi dan rehabilitasi lahan dengan prioritas penanaman jenis cepat tumbuh, di antaranya adalah kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). Pemilihan jenis ini didasarkan sifat pionirnya yang

mampu bertahan hidup dan tumbuh pada kondisi tempat tumbuh yang kurang baik, cepat tumbuh dan daur yang pendek. Sifat serat kayu sengon baik untuk bahan baku pulp kertas. Kayu sengon merupakan salah satu jenis kayu serat pendek yang telah dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pulp terutama industri pulp yang menghasilkan kertas gelombang.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis FPP yang dapat mendegradasi lignin semaksimal mungkin tetapi secara minimal merusak holoselulosa dan hemiselulosa untuk dapat digunakan dalam pengolahan pulp secara biologi (biopulping).

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan untuk penelitian ini ialah kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen), yang dikumpulkan dari daerah Jasinga, Jawa Barat. Jenis fungi pelapuk putih (FPP) yang digunakan adalah HHB 252, HHB 255, HHB 265, HHB 259, *Schizophyllum commune* (HHB 204) dan HHB 302. Jenis fungi HHB 252, HHB 255, HHB 259, HHB 265 dan HHB 302. Sebagai acuan digunakan *Coriolus versicolor* (HHB 293) dan *Phanerochaete chrysosporium*.

Metode Penelitian

Uji Aktifitas Enzim Ligninolitik

Untuk mengetahui aktifitas enzim yang mampu menguraikan (mendegradasi) lignin, digunakan metode Nishida *et al.* (1988). Media agar- serbuk kayu sengon yang telah disterilkan diinokulasi untuk masing-masing jenis FPP, kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter cincin berwarna coklat

Uji Degradasi Lignin

Untuk mengetahui kemampuan fungi pelapuk putih mendegradasi lignin, dibuat media dari serbuk kayu sengon ukuran 40 - 60 mesh yang ditambahkan air secukupnya, kemudian disterilisasi dalam autoclave pada suhu 121 °C, tekanan 1,5 atm selama 30 menit. Media yang telah steril diinokulasi dengan enam jenis FPP hasil koleksi Pusat

Litbang Teknologi Hasil Hutan dan dua jenis FPP acuan, yaitu *Coriolus versicolor* dan *Phanerochaete chrysosporium* selama 30 hari pada suhu kamar.

Analisis Komponen Kimia Kayu

Untuk mengetahui peranan FPP untuk mendelignifikasi, dilakukan analisis komponen kimia kayu yang telah ditulari fungi. Analisis komponen kimia yang dilakukan meliputi penetapan kadar lignin metode Klason (TAPPI T 222 om-88), kadar holoselulosa (ASTM 11404-78), kadar pentosan (TAPPI T 223 cm-84), kelarutan dalam NaOH 1% (TAPPI T 212 om-88) serta kelarutan dalam alkohol-benzena 1 : 2 (TAPPI T 204 om-88). Sebagai pembandingan dilakukan pula analisis yang sama terhadap serbuk kayu sengon yang tidak ditulari fungi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktifitas Enzim Ligninolitik

Hasil uji aktifitas enzim ligninolitik yang dilakukan berdasarkan uji kualitatif dan diameter pertumbuhan miselium terhadap koleksi disajikan pada Tabel 1. Semua koleksi jenis fungi menghasilkan perubahan warna media menjadi coklat kemerahan, walaupun ada yang berwarna agak muda sampai coklat tua. Besarnya diameter pertumbuhan miselium pada media agar- bubuk kayu (wood-agar) berbeda untuk setiap jenis fungi. Besarnya diameter miselium tidak dipengaruhi oleh perubahan warna media. Perubahan warna media menjadi merah kecoklatan menunjukkan bahwa fungi yang bersangkutan menghasilkan enzim fenol-oksidade yang umumnya dihasilkan oleh fungi pelapuk lignin. Menurut Nishida *et al.* (1988), kerusakan kayu oleh fungi pelapuk lignin dapat dideteksi dengan adanya perubahan warna pada kayu, yaitu menjadi lebih putih atau pemucatan warna dan tekstur kayu menjadi lebih rapuh. Fungi pelapuk lignin adalah fungi yang mampu merombak selulosa dan lignin yang dikenal sebagai fungi pelapuk putih.

Pada penelitian ini jenis fungi *Phanerochaete chrysosporium* yang merupakan fungi acuan dan diketahui sebagai fungi pelapuk putih serta efektif untuk mendegradasi lignin, namun tidak menyebabkan perubahan warna media.

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa pertumbuhan miselium yang cepat ditemukan pada isolat HHB 252, HHB 204 (*Schizophyllum commune*) dan isolat HHB 265,

kemudian diikuti oleh isolat HHB 255, HHB 302 dan HHB 259. Pertumbuhan miselium pada isolat HHB 293 (*Coriolus versicolor*) pada akhir minggu keempat sekitar 55%, sedangkan *Phanerochaete chrysosporium* sekitar 13%. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan fungi *P. chrysosporium* lebih lambat dibandingkan isolat lokal.

Tabel 1. Hasil uji kualitatif berbagai jenis fungi pelapuk putih pada media agar-bubuk kayu

No.	Kode isolat	Diameter pertumbuhan miselium (cm)	Perubahan warna
1	HHB 252	5,97	Coklat muda agak merah terang (+)
2	HHB 259	6,38	Coklat muda agak merah terang (+)
3	HHB 265	4,57	Coklat agak kemerahan (++)
4	HHB 255	6,42	Coklat agak kemerahan (++)
5	HHB 302	5,72	Coklat agak kemerahan (++)
6	HHB204 (<i>Schizophyllum commune</i>)	5,80	Coklat kemerahan (+++)
7	HHB 293 (<i>Coriolus versicolor</i>)	5,48	Coklat tua sedikit kemerahan (++++)
8	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	5,88	Tidak ada perubahan warna

Hasil Bidelignifikasi

Hasil analisis kimia kayu sengon berupa serbuk yang ditulari sebanyak delapan jenis FPP disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis kimia ini dibandingkan dengan serbuk kayu yang tidak ditulari fungi.

Dalam pengolahan pulp, lignin sangat berpengaruh terhadap warna pulp, menyukarkan penggilingan dan menghasilkan lembaran yang berkekuatan rendah. Kadar lignin kayu sengon yang tidak ditulari fungi sebesar 25,77% dan termasuk kelompok jenis kayu yang mempunyai kadar lignin sedang (Direktorat Jenderal Kehutanan, 1976).

Tabel 2. Komposisi kimia kayu sengon hasil biodelignifikasi

Kode isolat	Lignin %	Holo-selulosa %	Pentosan %	Kadar abu %	Kelarutan dalam %		Nisbah lignin/holo-selulosa
					alkohol-benzena	NaOH 1%	
HHB 252	20,22	71,82	16,21	0,73	3,18	19,38	0,282
HHB 259	23,54	73,23	15,52	1,25	-	16,94	0,321
HHB 265	23,68	71,72	15,59	0,93	3,51	18,23	0,331
HHB 255	25,02	71,40	16,22	0,72	3,35	15,45	0,350
HHB 302	20,45	70,77	15,09	0,95	3,41	19,33	0,290
HHB204 (<i>Schizophyllum commune</i>)	21,48	71,90	15,55	1,26	3,29	19,09	0,299
HHB293 (<i>Coriolus versicolor</i>)	25,60	69,95	15,94	0,73	3,03	17,08	0,366
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	24,7	69,40	14,85	0,83	2,81	21,42	0,356
Kontrol	25,77	74,92	16,47	0,86	5,36	14,19	-

Pemberian fungi terhadap serbuk kayu sengon menyebabkan turunnya kadar lignin. Menurut Kirk *et al.* (1990), fungi yang tumbuh sebanding dengan enzim yang dihasilkan seperti enzim peroksidase, fenol-oksidase dan laccase. Adanya enzim ini akan mendegradasi lignin menjadi senyawa yang lebih sederhana. Degradasi ini akan mengakibatkan kandungan lignin pada kayu berkurang. Penurunan kadar lignin terbesar, yaitu sebesar 5,5% terjadi pada serbuk kayu sengon yang ditulari fungi HHB 252 dengan kadar lignin terukur 20,22%. Jenis FPP lain yang menyebabkan turunnya kadar lignin kayu sengon cukup baik adalah isolat HHB 302 diikuti HHB 204 (*Schizophyllum commune*), masing-masing 5,32 dan 4,29% dengan kadar lignin terukur berturut-turut 20,45 dan 21,48%. Keenam jenis fungi yang diteliti menghasilkan delignifikasi kayu sengon dengan degradasi lignin yang lebih baik jika dibandingkan dengan FPP acuan, yaitu

Phanerochaete chrysosporium dan *Coriolus versicolor* (HHB 293). Penurunan kadar lignin oleh FPP *Phanerochaete chrysosporium* hanya sebesar 1,07% sedangkan pemberian FPP *Coriolus versicolor* (HHB 293) hampir tidak menyebabkan turunnya kadar lignin kayu sengon, yaitu hanya turun sebesar 0,17% (Tabel 1).

Kadar holoselulosa dalam kayu menyatakan jumlah senyawa karbohidrat atau polisakarida terdiri dari selulosa dan hemiselulosa. Pada pembuatan pulp dan kertas diperlukan kadar holoselulosa yang tinggi, karena memberikan kekuatan yang baik. Kandungan holoselulosa kayu sengon yang tidak dituliri fungi sebesar 74,18%. Pemberian beberapa jenis fungi pelapuk putih juga menyebabkan terjadinya degradasi holoselulosa ditandai dengan turunnya kadar holoselulosanya. Penurunan holoselulosa dengan penularan berbagai jenis fungi berkisar antara 0,95% sampai 4,78%. Penurunan holoselulosa terendah terjadi pada pemberian isolat jenis HHB 259, yaitu hanya turun dari 74,18% menjadi 73,23%. Hal ini menunjukkan bahwa FPP HHB 259 relatif tidak banyak mereduksi komponen polisakarida kayu sengon dibanding jenis FPP lainnya. Selain itu HHB 252 pun relatif tidak merusak holoselulosa dalam jumlah besar. Kadar holoselulosa terukur sebesar 71,82% atau mengalami penurunan sebesar 3,15% dari holoselulosa awal. Sedangkan pemberian isolat acuan *Phanerochaete chrysosporium* dan *Coriolus versicolor* (HHB 293) menyebabkan penurunan holoselulosa terbesar, yaitu rata-rata 4,5%. Pada penelitian pengaruh pemberian FPP terhadap kayu sengon, dapat diketahui bahwa keenam jenis FPP yang dicoba lebih baik dibandingkan dengan FPP acuan, karena penurunan kadar holoselulosa rata-rata lebih rendah (rata-rata 2,37%).

Untuk memproduksi pulp, kadar hemiselulosa bahan baku akan mempengaruhi rendemen pulp dan sifat fisik lembaran yang dihasilkan. Dalam penelitian ini penetapan kandungan hemiselulosa ditetapkan melalui penetapan kadar pentosan, karena merupakan bagian dari hemiselulosa kayu. Kadar pentosan kayu sengon yang tidak dituliri FPP (kontrol) adalah sebesar 16,6%. Apabila diklasifikasikan ke dalam komponen kimia kayu Indonesia (1976), maka kayu sengon termasuk jenis kayu dengan kandungan pentosan rendah. Perlakuan penularan FPP pada serbuk kayu sengon, ternyata hanya sedikit menurunkan kandungan pentosan, yaitu berkisar antara 14,85 - 16,22%. Penurunan kadar pentosan terbesar (sebesar 1,75%) terjadi pada serbuk kayu sengon yang dituliri FPP acuan, yaitu *Phanerochaete chrysosporium*. Sedangkan pemberian fungi HHB 252 dan HHB 255 pada serbuk kayu sengon paling sedikit merusak hemiselulosa

ditunjukkan dari kecilnya penurunan kadar pentosan, yaitu hanya sebesar 0,38%. Kecilnya penurunan kadar pentosan diduga karena FPP yang diberikan belum mampu mendegradasi pentosan menjadi monomernya. Dalam pembuatan kertas, pentosan dapat membantu kontak antar serat untuk membentuk ikatan yang kuat.

Kelarutan kayu dalam NaOH 1% merupakan indikasi derajat degradasi karbohidrat oleh fungi, cahaya atau oksidasi. Kayu yang telah terdegradasi umumnya akan menghasilkan kelarutan alkali yang tinggi (TAPPI, 1992). Tingkat kelarutan dalam NaOH 1% serbuk kayu sengon yang tidak dituliri FPP adalah 13,73 %. Penularan FPP ke serbuk kayu sengon umumnya menaikkan tingkat kelarutan dalam NaOH 1%. Kenaikan tingkat kelarutan NaOH yang paling kecil terjadi pada penularan FPP HHB 255 dan HHB 259 (Tabel 2). Tingkat kelarutan dalam NaOH 1% yang paling tinggi terjadi pada FPP acuan, yaitu *Phanerochaete chrysosporium* sebesar 21,42%. Tingginya kelarutan dalam NaOH 1% diduga akibat aktivitas FPP yang ditumbuhkan, yang menyebabkan hancurnya ikatan polimer penyusun kayu dan terdegradasinya karbohidrat kayu. Selain itu semakin banyak FPP yang tumbuh pada substrat kayu, makin tinggi pula kerusakan kayu yang ditunjukkan semakin besarnya nilai kelarutan dalam alkali.

Kadar ekstraktif adalah banyaknya zat yang terlarut dari kayu dengan menggunakan pelarut netral seperti air dan pelarut organik (benzena, diklorometan, eter, alkohol dan campuran alkohol-benzena). Zat ekstraktif yang larut dalam pelarut organik adalah resin, lemak, lilin dan tanin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian FPP cenderung menurunkan zat ekstraktif kayu. Penurunan zat ekstraktif merupakan hal yang baik, karena zat ekstraktif yang tinggi dapat menyebabkan timbulnya noda pada lembaran.

Jenis fungi yang efektif dalam proses biodelignifikasi adalah yang dapat mendegradasi lignin sebanyak mungkin dengan kerusakan holoselulosa sekecil mungkin. Menurut Eaton dan Hale (1993), jenis FPP selain mampu mendegradasi lignin juga merusak komponen dinding sel kayu lainnya. FPP secara simultan merusak struktur polimer utama dinding sel kayu, seperti lignin, hemiselulosa dan selulosa pada saat yang hampir bersamaan. Beberapa jenis FPP lebih dulu merusak lignin dan hemiselulosa sebelum merusak selulosa dalam dinding sel. Menurut Goenadi *et al.* (1996), untuk mengetahui efektifitas biodelignifikasi dapat diketahui dari nisbah kadar lignin terhadap holoselulosa. Semakin rendah nisbah lignin terhadap holoselulosa, semakin baik

terjadinya biodelignifikasi. Nisbah lignin terhadap holoselulosa terendah berturut-turut dihasilkan dari pemberian isolat FPP HHB 252, HHB 302 dan HHB 204 (*Schizophyllum commune*), yaitu 0,282, 0,289 dan 0,299. Ketiga isolat FPP ini memberikan nisbah yang lebih rendah dari fungi acuan yang rata-rata mempunyai nisbah 0,350 dan 0,360 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa ketiga jenis fungi, yaitu HHB 252, HHB 302 dan *Schizophyllum commune* menghasilkan laju degradasi lignin relatif lebih cepat dibandingkan laju degradasi holoselulosa.

KESIMPULAN

Fungi pelapuk putih dapat digunakan untuk biodelignifikasi kayu sengon, ditinjau dari terjadinya penurunan kadar lignin dan juga zat ekstraktif kayu. Penurunan kadar lignin terendah terjadi pada pemberian FPP HHB 252 (20,22%) diikuti oleh HHB 302 (20,45%) dan *Schizophyllum commune* (21,48%).

Penurunan kadar holoselulosa terendah akibat pemberian FPP pada kayu sengon terjadi pada HHB 259 (73,23%) diikuti oleh *Schizophyllum commune* (71,90%) dan HHB 252 (71,82%).

Efektivitas biodelignifikasi kayu akibat pemberian fungi diketahui dari nisbah kadar lignin terhadap holoselulosa. Dari keenam jenis FPP koleksi P3THH dan dua jenis FPP acuan, yaitu *Phanerochaete chrysosporium* dan *Coriolus versicolor*, menunjukkan bahwa HHB 252, diikuti oleh FPP HHB 302 dan 204 (*Schizophyllum commune*) merupakan jenis FPP yang terbaik untuk biodelignifikasi kayu sengon. Ketiga jenis FPP tersebut menurunkan kadar lignin cukup baik dan merusak holoselulosa kayu sengon minimal dengan nisbah kadar lignin terhadap holoselulosa berturut-turut 0,282; 0,289 dan 0,299. Diharapkan ketiga jenis FPP ini dapat digunakan untuk perlakuan pendahuluan dalam proses biopulping.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Kehutanan, 1976. Vademecum Kehutanan Indonesia. Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Pertanian RI, Jakarta

Eaton, R.A, and .M.D.C. Hale, 1993. Wood: Decay, pests and protection. Chapman & Hall, London- New York-Toronto-Melbourne-Madras

Goenadi, D.H., Suharyanto, T. Panji dan Y. Away, 1996. Aplikasi bopulping dalam produksi pulp dan kertas dari tandan kosong kelapa sawit. Warta Pusat Penelitian Bioteknologi Perkebunan 30 : 49 -55

Kirk, T.K., T. Higuchi and H.M. Chang, 1990. Lignin Biodegradation: Microbiology, Chemistry and Applications. Vol. II. CRC Press, Inc., USA

Nishida T, Y. Kashino, A. Mimura and Y. Takahara, 1988. Lignin Biodegradation by White Rot Fungi I: Screening of Lignin Degrading fungi. Mokuzai Gokkaishi 34 (6) : 530 - 536

TAPPI, 1992. Tappi Test Methods 1992-1993. Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA

Rena M. Siagian, Han Roliadi, Sihati Suprpti dan Sri Komarayati
Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan, Bogor