

ISOLASI DAN SELEKSI JAMUR APHYLLOPHORALES PENGURAI LIGNIN DI HUTAN BUKIT BANGKIRAI, KALIMANTAN TIMUR¹

[Isolation and Selection of Aphyllorphorales as Lignin Degrading Fungi in Bukit Bangkirai Forest, East Kalimantan]

YBSubowo

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911
* e-mail: yosubowo@yahoo.com

ABSTRACT

Isolation and selection of Aphyllorphorales as lignin degrading fungus had been done in Bukit Bangkirai Forest, East Kalimantan. Aim of the research was to obtain Aphyllorphorales fungi which have ability to degrade lignin. The fresh fruit bodies were collected from trunks, branches and litters of plants in the forest. The work was conducted at dry season. Fruit bodies were taken to base camp for isolation. The isolates were tested for their ability to degrade lignin. We found 24 isolates of Aphyllorphorales fungi. Those isolates were grown in poly R-478 medium, 12 isolates were able to degrade lignin. *Megaspororia* sp. strain IB-24 had the highest ability in lignin degradation. The fungus can degrade poly R-478 8,05% during 90 minutes.

Kata kunci: Aphyllorphorales, degradasi lignin, Hutan Bukit Bangkirai.

PENDAHULUAN

Jamur merupakan kelompok organisme yang dapat hidup di berbagai lingkungan seperti tanah, perairan, udara, sisa tumbuhan dan bahkan di dalam tubuh organisme lain. Dalam suatu lingkungan, jamur memiliki satu fungsi sesuai dengan kemampuan yang dimilikinya. Salah satu kelompok jamur yang tumbuh pada batang kayu adalah Aphyllorphorales. Anggota kelompok ini memiliki hymenium berbentuk tabling dengan permukaan seperti pori-pori; contohnya *Polyporus squamosus* (Webster, 1970).

Anggota Aphyllorphorales sebagian besar hidup pada kayu baik yang masih hidup maupun sudah mati, sehingga tentunya memiliki enzim yang dapat menguraikan lignin. Berdasarkan kemampuan menguraikan substansi kayu, jamur dibagi menjadi 2 kelompok yaitu *white rot* dan *brown rot*. *White rot* adalah kelompok jamur Basidiomycetes yang mampu menguraikan lignin, selulosa dan hemiselulosa. *Brown rot* adalah kelompok jamur Basidiomycetes yang hanya menguraikan selulosa dan hemiselulosa (Hammel, 1997). Jamur *white rot* selain menguraikan lignin diduga juga dapat menguraikan senyawa polutan lain. Dilaporkan bahwa jamur ini juga dapat menguraikan DDT, PCB, lindan, dioxin dan benzo-a-pyrene. Jamur ini menghasilkan enzim ekstraseluler sehingga tahan terhadap bahan beracun atau bahan kimia mutagenik

(Aust and Benson, 1993). Beberapa jamur *white rot* telah digunakan dalam penguraian lignin, misalnya *Bjerkandera adusta* mampu mendegradasi lignin 40% dan pengurangan warna lignin sekitar 70% pada inkubasi selama 40 jam (Nakamura *et al.*, 1999).

Beberapa industri menggunakan bahan baku kayu, seperti industri kertas dan industri tekstil. Pada industri kertas bahan baku yang dibutuhkan adalah selulosa; seringkali lignin yang tercampur di dalamnya menjadi penyebab menurunnya kualitas kertas. Melalui proses pulping, serat selulosa diekstrak untuk menghilangkan lignin dari material kayu. Untuk menghilangkan senyawa lignin biasanya digunakan bahan kimia, tetapi ini cukup mahal. Alternatif lain, adalah dengan menggunakan jamur pendegradasi lignin, yang tentunya relatif lebih murah. Jamur *white rot* mempunyai potensi besar untuk aplikasi bioteknologi dalam proses pulping sebab menghasilkan enzim ligninolitik yang dibutuhkan untuk degradasi lignin. Moreira *et al.* (2004) melaporkan bahwa kemampuan degradasi jamur *white rot* membuka prospek baru untuk perkembangan proses bioteknologi yang bertujuan pada degradasi polimer kompleks seperti senyawa xenobiotik, pengurangan warna *effluent* dan *biobleaching* dari kraft pulp.

Selain itu jamur pengurai lignin juga dapat digunakan dalam pengolahan limbah, misalnya limbah

tekstil dan hidrokarbon. Abadulla *et al.* (2000) melaporkan bahwa enzim laccase dari *Trametes hirsuta* dapat mengurangi warna dan toksisitas pewarna tekstil, serta mampu mendegradasi triarylmethana, indigoid, azo, dan pewarna anthraquinon. Jamur *Pleurotus ostreatus* dilaporkan mampu mendegradasi Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) benzo [a] anthracene, chrysene, benzo[b]fluoranthene, benz[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenzo[a,h]anthracene dan benzo [ghi]perylene pada tanah tidak steril, ada dan tidak ada Cadmium dan merkuri (Baldrian *et al.*, 2000). Cadmium dan merkuri adalah logam berat yang berpengaruh pada aktivitas enzim jamur.

Begini pentingnya peran jamur pengurai lignin dalam bidang industri dan lingkungan, maka isolasi jamur ini terus dilakukan di beberapa lokasi, salah satunya di Hutan Bukit Bangkirai. Hutan Bukit Bangkirai yang terletak di Propinsi Kalimantan Timur merupakan kawasan hutan yang dilindungi; hutan didominasi oleh pohon Bangkirai (*Shorea laevis* Ridl). Di kawasan hutan ini populasi jamur berkembang dengan baik. Sampai saat ini penelitian mengenai jamur pengurai lignin di Kawasan Bukit Bangkirai belum banyak dilakukan.

Tujuan penelitian

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dalam upaya mengeksplorasi dan memperoleh isolat jamur yang memiliki kemampuan tinggi dalam mendegradasi senyawa lignin.

BAHANDANMETODE

Bahan yang dibutuhkan adalah amplop jamur, kantung plastik, pisau, spidol, kaca pembesar, pengering jamur, ose jamur, media PDA, kertas label, test tube, petridish, erlemeyer 100cc, shaker, media mengandung poly R-478 (KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, K_2HPO_4 (NH_4)₂ tartrat, sorbose, Poly R-478, Agar, Stok mineral), kertas saring Whatman No 1, neraca, oven, sentrifus dan spektrofotometer.

Koleksi dan isolasi jamur

Koleksi jamur berpori anggota Aphyloporales dilakukan di Hutan Lindung Bukit Bangkirai, Kalimantan Timur. Koleksi dilakukan pada plot-plot permanen (ekologi) yang telah dibuat oleh Profesor

Suzuki pada Januari 2000. Jamur hasil koleksi dimasukkan amplop. Sebagian jamur diambil yang segar kemudian dicuplik sedikit dan dimasukkan pada media PDA, dibiarkan sampai miselium tumbuh. Setelah tumbuh miselium jamur dipindahkan pada media PDA baru untuk pemurnian. Setelah murni, isolat disimpan dalam refrigerator. Sebagian lagi dikeringkan di pengering selama 24 jam pada suhu sekitar 40°C.

Identifikasi

Identifikasi jamur dilakukan dengan melihat bentuk tubuh buah jamur dan ukuran spora masing-masing jamur kemudian mencocokkan dengan buku pegangan (literatur), untuk menentukan jenis jamur yang diperoleh. Buku acuan yang digunakan adalah *The Fungi* Vol IVB (GC Ainsworth, FK Sparrow and AS Sussman, 1973) dan *A Preliminary Polypore Flora of East Africa* (L Ryvarden and I Johansen, 1980).

Pertumbuhan isolat jamur pada media lignin

Isolat jamur yang sudah murni, masing-masing kemudian ditumbuhkan pada media padat mengandung lignin sederhana (poly R-478) pada cawan petri. Kemudian biakan diinkubasi pada suhu kamar selama satu minggu. Setelah itu dilakukan pengamatan; isolat jamur yang membentuk zona bening di sekitar koloni berarti menghasilkan ligninase. Zona bening merupakan hasil penguraian poly R-478 oleh enzim yang dihasilkan jamur. Isolat yang membentuk zona bening besar yaitu diameter di atas 0,6 cm dipisahkan dari isolat yang membentuk zona bening kecil atau diameter kurang dari 0,5 cm. Isolat yang membentuk zona bening besar kemudian diseleksi lebih lanjut.

Pengukuran bobot biomassa

Isolat jamur yang membentuk zona bening besar kemungkinan menghasilkan ligninase lebih besar. Isolat-isolat ini kemudian ditumbuhkan pada media cair mengandung poly R-478. Kultur kemudian diinkubasi pada suhu kamar, di atas shaker dengan kecepatan 115 rpm. Setelah 7 hari kemudian, miselium jamur yang tumbuh pada media cair disaring menggunakan kertas saring Whatman No 1; kemudian dikering-oven selama 24 jam pada suhu 80°C (Garraway dan Evans, 1991). Setelah itu berat miselium ditimbang, yaitu selisih berat antara kertas saring kosong dan kertas saring + miselium.

Pola pertumbuhan jamur

Isolat jamur yang menghasilkan bobot miselium paling besar kemungkinan mempunyai aktivitas enzim ligninase paling besar pula. Isolat ini dipilih untuk diamati pola pertumbuhannya. Isolat terpilih ditumbuhkan pada media cair mengandung poly R-478. Setiap hari ditentukan bobot miseliumnya sampai hari ke7.

Kemampuan degradasi jamur terhadap Poly R-478

Isolat jamur terpilih ditumbuhkan pada media cair mengandung poly R-478 untuk memperbanyak miselium. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang di atas shaker dengan kecepatan 115 rpm. Setelah 7 hari miselium dipanen dengan cara sentrifugasi, kemudian miselium disimpan di dalam buffer sitrat.

Untuk menguji kemampuan degradasi jamur terhadap poly R-478, 9 ml buffer sitrat mengandung poly R-478 sebanyak 200 ppm ditambah 1 ml miselium jamur dalam buffer sitrat, kemudian dinkubasi di atas shaker dengan kecepatan 115 rpm. Kandungan poly R-478 ditentukan pada lama inkubasi 0,30,90 dan 150

menit, menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm dan 350nm (Moreira *et al.*, 2004).

HASIL

Dari tiga tempat di Hutan Bukit Bangkirai, diperoleh sebanyak 24 isolat jamur anggota Aphillophorales. Semua isolat ini tumbuh pada kayu baik masih hidup maupun yang sudah mati (Tabel 1).

Isolat jamur yang berhasil diisolasi dari lapangan dibawa ke laboratorium, kemudian ditumbuhkan pada media mengandung lignin sederhana (poly R-478).

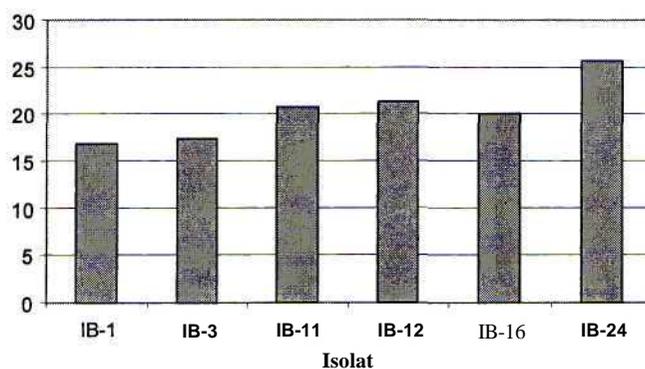
Hasil menunjukkan bahwa tidak semua isolat dapat membentuk zona bening (*clear zona*) pada media mengandung poly R-478. Zona bening ini terbentuk sebagai hasil degradasi enzim jamur terhadap poly R-478. Enam isolat membentuk zona bening besar, dengan diameter di atas 0,6 cm (++), 6 isolat membentuk zona bening kecil dengan diameter kurang dari 0,5 cm (+)

Tabel 1. Hasil isolasi jamur berpori di Bukit Bangkirai

No	Kode Isolat	Nama Jamur
1	IB-1	<i>Rigidoporns vinctus</i>
2	IB-2	<i>Cyclomyces tabacinus</i>
3	IB-3	<i>Pyrofomes albomarginatus</i>
4	IB-4	<i>Ganoderma chaliceum</i>
5	IB-5	<i>Ganoderma australe</i>
6	IB-6	<i>Microporus xanthops</i>
7	IB-7	<i>Nigroporus durus</i>
8	IB-8	<i>Hyphodontia sp.</i>
9	IB-9	<i>Eariella scabrosa</i>
10	IB-10	<i>Hymenochaeta sp.</i>
11	IB-11	<i>Ganoderma australe</i>
12	IB-12	<i>Grammothele lineata</i>
13	IB-13	<i>Ganoderma chaliceum</i>
14	IB-14	<i>Phellinus pectinatus</i>
15	IB-15	<i>Phellinus lamaensis</i>
16	IB-16	<i>Corioloopsis strumosa</i>
17	IB-17	<i>Stereum lobatum</i>
18	IB-18	<i>Ganoderma australe</i>
19	IB-19	<i>Panus sp.</i>
20	IB-20	<i>Phellinus lamaensis</i>
21	IB-21	<i>Steccherinum sp.</i>
22	IB-22	<i>Erythromyces crocicreas</i>
23	IB-23	<i>Megasporoporia cavernulosa</i>
24	IB-24	<i>Megasporoporia sp.</i>

Tabel 2. Pertumbuhan isolat jamur pada media Poly R-478

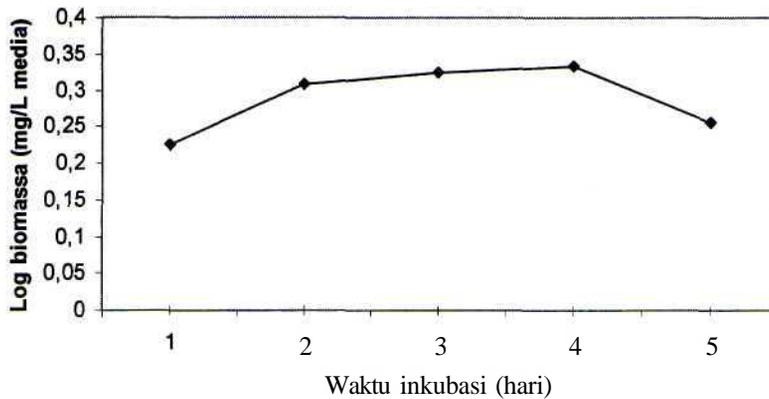
No	Kode Isolat	Nama Jamur	Diameter " clear zone"		
			<0,5 cm	>0,6 cm	0 cm
1	IB-1	<i>Rigidoporus vinctus</i>		++	
2	IB-2	<i>Cyclomyces tabacinus</i>			-
3	IB-3	<i>Pyrofomes albomarginatus</i>		++	
4	IB-4	<i>Ganoderma chalceum</i>	+		
5	IB-5	<i>Ganoderma australe</i>			-
6	IB-6	<i>Microporus xanthops</i>			-
7	IB-7	<i>Nigroporus durus</i>	+		
8	IB-8	<i>Hyphodontia sp</i>			-
9	IB-9	<i>Eariella scabrosa</i>	+		
10	IB-10	<i>Hymenochaeta sp</i>			-
11	IB-11	<i>Ganoderma australe</i>		++	
12	IB-12	<i>Grammothele lineata</i>		++	
13	IB-13	<i>Ganoderma chalceum</i>			-
14	IB-14	<i>Phellinus pectinatus</i>	+		
15	IB-15	<i>Phellinus lamaensis</i>	+		
16	IB-16	<i>Corioloopsis strumosa</i>		++	
17	IB-17	<i>Stereum lobatum</i>			-
18	IB-18	<i>Ganoderma australe</i>			-
19	IB-19	<i>Panus sp</i>			-
20	IB-20	<i>Phellinus lamaensis</i>			-
21	IB-21	<i>Steccherinum sp</i>			-
22	IB-22	<i>Erythromyces crocicreas</i>	+		
23	IB-23	<i>Megasporoporia cavemulosa</i>			-
24	IB-24	<i>Megasporoporia sp</i>		++	

Bobot kering miselium (g/L media)**Gam bar 1.** Bobot miselium 6 isolat jamur pada media mengandung Poly R-478

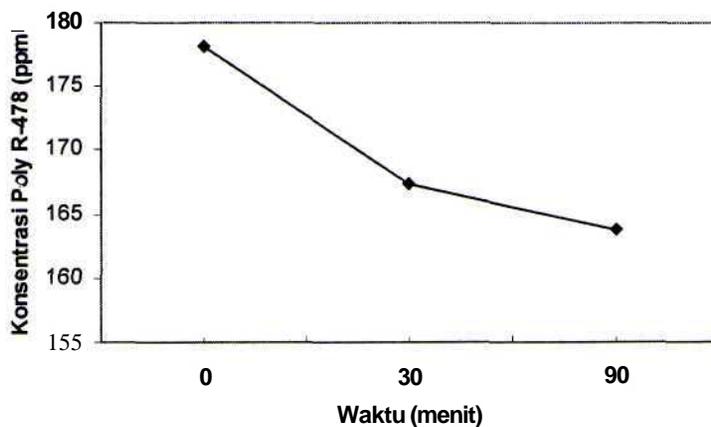
dan 12 isolat tidak membentuk zona bening (-) (Tabel 2).

Selanjutnya 6 isolat jamur yang menghasilkan zona bening besar yaitu IB-1, IB-3, IB-11, IB-12, IB-16, dan IB 24 ditumbuhkan lagi pada media cair mengandung poly R-478. Setelah 7 hari dilakukan

pemanenan miselium menggunakan sentrifus. Isolat yang menghasilkan bobot miselium besar berarti menghasilkan ligninase tinggi. Dari 6 isolat yang dicoba ternyata isolat IB-24 yaitu jamur *Megasporoporia sp.* menghasilkan bobot miselium paling tinggi, kemudian IB-12, IB-11, IB-16, IB-3, dan terakhir IB-1 (Gambar 1).



Gambar 2. Pola pertumbuhan jamur *Megasporoporia* sp IB-24 pada media Poly R-478



Gambar 3. Kemampuan degradasi jamur *Megasporoporia* sp IB-24 terhadap Poly R-478

Jamur *Megasporoporia* sp. IB-24 ditumbuhkan lagi pada media cair mengandung poly R-478 untuk melihat pola pertumbuhannya. Dari Gambar 2 tampak bahwa pertumbuhan *Megasporoporia* sp. IB-24 pada media mengandung poly R-478 sebesar 200 ppm langsung mengalami fase eksponensial, dengan laju pertumbuhan (μ) sebesar 0,009 per jam, sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk melipatgandakan biomassa(^) adalah 77jam.

Untuk melihat kemampuan degradasi jamur *Megasporoporia* sp. IB-24 terhadap poly R-478, kemudian miselium jamur ditumbuhkan pada bufer sitrat mengandung poly R-478. Setelah dilakukan pengamatan ternyata konsentrasi poly-R pada bufer mengalami penurunan dari 178,22 ppm (menit ke0) menjadi 163,87 ppm (setelah 90 menit) atau turun 8,05% dalam 90 menit. Kemampuan degradasi jamur adalah 0,1594 ppm per menit. Aktivitas enzim ligninase sebesar 159,4 U/L (Gambar 3).

PEMBAHASAN

Isolat jamur anggota Aphylophorales yang berhasil diisolasi dari Hutan Bukit Bangkirai sebanyak 24 isolat terdiri dari 19 jenis. Hasil ini terbilang masih sedikit karena koleksi jamur dilakukan pada musim kemarau, pada saat itu kondisi hutan kering sehingga hanya sedikit jamur yang membentuk tubuh buah. Dari hasil koleksi juga diperoleh jamur *Ganoderma australe*. Jamur ini memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa lignin (Mendonca *et al.*, 2008). Selain itu juga diperoleh jamur *Phellinus pectinatus* dan *P. lamaensis* serta *Rigidoporus vinctus*. Dari penelitian yang dilakukan Rosli *et al.* (2007) jamur *Phellinus noxius*, *Rigidoporus vinctus* dan *R. lignosus* dapat menurunkan bobot kering (*weight loss*) test block kayu karet 11-30% selama 12 minggu. Berarti jamur tersebut menghasilkan enzim yang dapat menguraikan lignin,

selulosa dan hemiselulosa dari test block kayu karet tersebut.

Isolat yang berhasil diisolasi, setelah ditumbuhkan pada media mengandung poly R-478, ternyata tidak semua membentuk zona bening. Poly R-478 merupakan lignin sederhana yang biasa digunakan untuk menguji kemampuan jamur menguraikan lignin. Zona bening yang terbentuk di sekitar koloni jamur merupakan hasil degradasi poly R-478 oleh enzim ligninase yang dihasilkan oleh jamur. Sebanyak 12 isolat dapat membentuk zona bening, berarti isolat-isolat ini menghasilkan ligninase. Dari ke 12 isolat ini 6 isolat membentuk zona bening besar dengan diameter lebih dari 0,6 cm dan 6 isolat membentuk zona bening kecil kurang dari 0,5 cm. Isolat yang membentuk zona besar kemungkinan menghasilkan ligninase lebih besar. Seperti dilaporkan oleh Moreira *et al.* (2004), bahwa penurunan warna dari poly R-478 merupakan tanda adanya proses peroksidase dan oksidase oleh MnP dan laccase. Isolat yang tidak membentuk zona bening berjumlah 12, berarti isolat ini tidak menghasilkan ligninase dan kemungkinan termasuk kelompok brown rot. Menurut Hammel (1997), brown rot adalah kelompok jamur Basidiomycetes yang hanya menguraikan selulosa dan hemiselulosa.

Isolat jamur yang membentuk zona bening besar berjumlah 6 terdiri dari *Rigidoporus vinctus*, *Pyrofomes albomarginatus*, *Ganoderma australe*, *Grammothele lineata*, *Coriolopsis strumosa* dan *Megasporoporia* sp. Setelah ditumbuhkan pada media cair mengandung poly R-478 ternyata menghasilkan bobot miselium yang berbeda. Jamur-jamur ini kemungkinan menghasilkan enzim ligninase lebih besar sehingga dipilih untuk diseleksi lebih lanjut. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mendonca *et al.* (2008) bahwa jamur *G. australe* menghasilkan enzim laccase pada media tumbuhnya. Enzim ini termasuk ligninase sehingga dapat menguraikan poly R-478. Selain itu jamur *R. vinctus* juga menghasilkan zona bening yang besar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Rosli *et al.* (2007) bahwa jamur *R. vinctus* dapat menurunkan bobot kering (*weight loss*) test block kayu karet lebih dari 30% dalam 12 minggu. Berarti jamur ini juga menghasilkan enzim ligninase.

Isolat yang menghasilkan bobot miselium paling tinggi berarti jamur tersebut dapat memanfaatkan poly R-478 secara maksimal untuk pertumbuhannya. Selain itu isolat ini kemungkinan juga menghasilkan enzim ligninase yang paling tinggi dibandingkan isolat yang lain. Dalam penelitian ini IB-24 yaitu *Megasporoporia* sp. menghasilkan enzim ligninase yang paling tinggi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sanchez-lopess *et al.* (2008) jamur *Megasporoporia letulosa* (MUCL 43550) menghasilkan enzim laccase pada media tanam. Sedangkan dari Mycobank (2009) diperoleh data bahwa jamur *Megasporoporia cavernulosa* (Berk) menghasilkan enzim laccase (++)

Dari kurva pertumbuhan terlihat bahwa jamur *Megasporoporia* sp. IB-24 pada media cair mengandung poly R-478 langsung mengalami fase logaritmik. Hal ini berarti enzim ligninase yang dihasilkan jamur langsung dapat menguraikan poly R-478 sebagai sumber C untuk mendukung pertumbuhan. Sampai hari ke 4, pertumbuhan mengalami peningkatan dan setelah itu mulai menurun. Laju pertumbuhan (m) jamur ini 0,009 per jam, sedang waktu yang dibutuhkan untuk melipatgandakan biomassa (t_d) adalah 77 jam. Hal ini lebih kecil dibandingkan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada media mengandung benzonitril 0,15%, m sebesar 0,012 per jam sedangkan t_d 57 jam (Subowo *et al.*, 2003).

Dari analisa spektrofotometer diperoleh hasil bahwa jamur *Megasporoporia* sp. IB-24 dapat menurunkan kandungan poly R-478 dari media sebanyak 8,05% dalam waktu 90 menit; dengan kata lain jamur ini mampu mendegradasi poly R-478 sebanyak 0,1594 ppm per menit. Aktivitas enzim ligninase 159,4 U/L. Hasil ini masih lebih kecil dibandingkan hasil penelitian Urairuj *et al.* (2003) yang menumbuhkan strain *Xylariaceae* pada media poly R-478 selama 6 hari mempunyai aktivitas enzim 195 U/L. Walaupun mempunyai aktivitas enzim yang lebih kecil, namun jamur ini dapat dicoba untuk proses biobleaching dan biopulping pada industri kertas dan industri tekstil. Pada proses biobleaching dan biopulping, lignin yang didegradasi merupakan lignin alami yang berasal dari bahan baku kayu. Enzim dari jamur ini tentunya akan bisa mendegradasi lignin dari

kayu karena jamur ini awalnya tumbuh pada batang pohon. Poly R-478 merupakan lignin sederhana yang telah banyak digunakan dalam penelitian degradasi lignin. Menurut Field *et al.* (1992) kemampuan jamur white rot mendegradasi PAH berhubungan dengan kemampuannya dalam penguraian warna Poly R-478.

KESIMPULAN

Jamur *Megasperoporia* sp. IB 24 dapat mendegradasi poly R-478 sebanyak 0,1594 ppm per menit. Jamur ini dapat mendegradasi lignin sehingga dapat digunakan untuk proses biopulping dan bleaching pada industri kertas dan industri tekstil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr Herwint Simbolon selaku Koordinator Proyek Bangkirai dan Dr Yasuhisa Abe atas kerjasamanya dalam mengkolaborasi jamur

DAFTAR PUSTAKA

- Abadulla E., T Tzanov, S Coata, KH Robra, A Cavacopaulo, and GM Gubitz. 2000. Decolorization and detoxification of textile dyes with a laccase from *Trametes hirsuta*. *Applied and Environmental Microbiology* 66(8), 3357-3362.
- Ainsworth GC, FK Sparrow and AS Sussman. 1973. *The Fungi*. Vol. IVB. Academic Press, New York, San Fransisco, London. 504p.
- Aust SD and JT Benson. 1993. Use of White Rot Fungi to Biodegrade Environmental Pollutans. *Environmental Health Perspectives*, 101(3). <http://ehp.nichs.nih.gov/docs/1993/101-3/innovations.html>
- Baldrian P, C Wiesche, J Gabriel, F Nerud and F Zadrzil. 2000. Influence of cadmium and mercury on activities of ligninolytic enzymes and degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by *Pleurotus ostreatus* in soil. *Applied and Environmental Microbiology* 66(6), 2471-2478.
- Field JA, E Jong, GF Costa and JAM Bont. 1992. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by new isolates of white rot fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 58 (7), 2219-2226.
- Garraway MO and RC Evans. 1991. *Fungal Nutrition and Physiology*, 231. Krieger publishing Company, Malabar, Florida.
- Hammel KE. 1997. *Fungal Degradation of Lignin*, 33-45. CAB International.
- Mendonca RT, JF Jara, V Gonzalez, JP Elissetche and J Freer. 2008. Evaluation of the white rot fungi *Ganoderma australe* and *Ceriporiopsis subvermispora* in biotechnological applications. *J. Ind. Microbiol Biotechnol.* 35(11), 1323-1330.
- Moreira MT, C Viacava and G Vidal. 2004. Fed-batch Decolorization of PolyR-478 by *Trametes versicolor*. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47(2), 179-183.
- Mycobank. 2009. *Fungal Databases Nomenclature and Species Banks Online Taxonomic Novelties Submission*. <http://www.mycobank.com>.
- Nakamura Y, MG Sungusia, T Sawada and M Kuwahara. 1999. *Lignin-degrading Enzyme Production by Bjerkandera adusta Immobilized on Polyurethane Foam*. Elsevier Science B.V.
- Rosli HM, AM Farid, SS Lee, DMD Azril, K Baharudin, B Norlia, A Norwati and M Norwati. 2007. *Efficiency of Wood Degradation of ten Selected Isolates of White-rot Fungi*, 82-84. Forest Research Institute Malaysia. Kepong, Selangor.
- Sanchez-Lopes MI, SF Vanhulle, V Mertens, G Guerra, SH Figueroa, AM Corbisier and MJ Penninckx. 2008. Autochthonous white-rot fungi from the tropical forest: Potential of Cuban strain for dyes and textile industrial effluents decolourisation. *African Journal of Biotechnology* 7(12), 1983-1990.
- Subowo YB, B Sunarko dan I Gandjar. 2003. Isolasi dan seleksi jamur pendegradasi senyawa benzonitril. *Berita Biologi* 6(4), 575-581.
- Urairuj C, C Khanongnuch and S Lumyong. 2003. Ligninolytic enzymes from tropical endophytic Xylariaceae. *Fungal Diversity* 13, 209-219.
- Webster J. 1970. *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, Melbourne.