

Biodegradasi Substrat Gergajian Kayu Sengon oleh Jamur Kelompok *Pleurotus* Asal Bogor

Biodegradation of Sengon-wood Sawdust Substrate by Pleurotus Group Fungi from Bogor

Elis Nina Herliyana, Dodi Nandika, Achmad, Lisdar I. Sudirman dan Arief B. Witarto

Abstract

White-rot fungi has been started to be developed for enhancing the mushroom based industry in many countries including in environmentally sound of bio-bleaching and bio-pulping technological process. Six isolates of wild *Pleurotus* group were isolated from various location in Bogor, namely *Pleurotus* EAB7, EB24, EB14-2, EB6, EA4 and EB9 of which were studied of their ligninolytic character. *P. ostreatus* HO was used as standard comparison.

The ligninolytic character of these six fungi isolates was measured after inoculation into Sengon (*Paraserianthes falcataria*) wood sawdust substrate inside plastic bag with substrate weight of about 400 gram; other additional substances were paddy scalp, gypsum, calcium and water. Observation was done on Sengon wood sawdust substrate since vegetative phase until reproductive phase. Samples were opened, destructed with *Hammer Mill*, and then dried with oven on temperature of 40°C in 4 ~ 6 days until water content reach 15%, and weigh about 30 gram for analyses. Analyses were done by measuring water soluble extractive substance (TAPPI T 207 om-88 Standard), NaOH (sodium hydroxide) 1% soluble extractive substance (TAPPI T 212 om-88 Standard), alkohol-benzena soluble extractive substance (TAPPI T 204 om-88 Standard), lignin content (TAPPI T 13 os-54 Standard), holocellulose content with method *browning* (TAPPI T 211 m Standard), and cellulose content with method Cross and Bevan (Meulenhoff *et al.* 1977; TAPPI 1996).

Having applied of each wild *Pleurotus* group isolates resulted in increasing of extractives total compounds both in vegetative and reproductive phases. Each wild *Pleurotus* group isolates shows variation in decreasing average of lignin content (10.7 ~ 89.7%) and cellulose (18.9 ~ 87.4%). *Pleurotus* EB9 are able to decrease the highest lignin (89.7%) and cellulose (87.4%) content of substrate. Classification based on ligninolytic character is different with classification based on morphological and physiological characters. *Pleurotus* EB9 seems to be separated from other isolates. This shows that there was different ligninolytic character among the isolates. The best isolate for bio-pulping and bio-bleaching agent is *Pleurotus* EB9 on vegetative phase.

Key words: *Pleurotus* group, ligninolytic characters, Sengon sawdust substrate

Pendahuluan

Penerapan bioteknologi yaitu dengan memanfaatkan proses biologi menggunakan jamur pendegradasi lignin dalam proses teknologi *biobleaching* dan *biopulping*, merupakan salah satu alternatif dan terobosan besar yang perlu dikaji. Beberapa spesies pleurotoid adalah jamur pelapuk kayu yang dapat mendegradasi substrat kayu menjadi bahan-bahan organik sederhana melalui proses hidrolisis enzimatis, sehingga dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme lain termasuk tumbuh-tumbuhan dan tanaman kehutanan. Diketahui beberapa spesiesnya bersifat *edible*, diantaranya yang terkenal adalah kelompok *Pleurotus* yang telah diketahui berpotensi mendegradasi lignin.

Enzim yang berperan dalam proses degradasi adalah enzim ekstraseluler. Jamur yang hidup pada bahan lignoselulosa, mengeluarkan enzim yang dapat mendegradasi bahan tersebut sebagai nutrisinya. Bahan lignoselulosa yang terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin merupakan bahan polimer sehingga enzim

yang disekresikan jamur akan mengubah bahan lignoselulosa menjadi monomernya agar mudah masuk ke dalam sel. Ligninolitik berhubungan dengan produksi enzim ekstraseluler pendegradasi lignin yang dihasilkan oleh jamur pelapuk putih. Dua enzim yang berperan dalam proses tersebut adalah fenol oksidase (lakase) dan peroksidase (lignin peroksidase/LiP dan manganese peroksidase/MnP). Mekanisme degradasi lignin oleh *Pleurotus* belum banyak dipelajari seperti pada *P. chrysosporium*. Namun dari beberapa studi yang dilakukan, terlihat enzim yang bertanggungjawab untuk degradasi lignin dalam *Pleurotus* cukup bervariasi.

Terdapat lebih kurang 67 spesies kelompok *Pleurotus* yang berhasil dikumpulkan dan dilaporkan oleh para peneliti seluruh dunia, sejak Rousel pada tahun 1805 pertama kali memberi nama *Pleurotus* (LR 2004). Sampai saat ini penelitian mengenai jamur pleurotoid kelompok *Pleurotus* asal Indonesia masih sangat terbatas meskipun jamur ini sudah dikenal dan dikumpulkan serta dimanfaatkan masyarakat untuk berbagai keperluan (Gunawan 1997).

Hasil karakterisasi fisiologis terhadap isolat kelompok *Pleurotus* asal Bogor yaitu *Pleurotus* EB9 dan *Pleurotus* EA4 menunjukkan reaksi oksidasi yang positif pada media AAG dan AAT. Berdasarkan hal-hal tersebut di atas maka perlu dilakukan penelitian karakterisasi secara ligninolitik isolat kelompok *Pleurotus* tersebut berdasarkan tingkat degradasi dan laju dekomposisi pada kayu bahan pulp. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat/kemampuan biodegradasi melalui kadar zat ekstraktif larut dalam air, kadar zat ekstraktif larut dalam NaOH 1%, kadar zat ekstraktif larut dalam alkohol-benzena, kadar lignin, kadar holoselulosa dan kadar selulosa pada fase vegetatif dan reproduktif.

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2004 sampai Januari 2006 di (1) Laboratorium Patologi Hutan, Departemen Silvikultur dan (2) Laboratorium Kimia Kayu, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan; (3) Laboratorium Mikrobiologi dan Biokimia, Pusat Studi Ilmu Hayat; (4) Laboratorium Mikologi, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian; dan di (5) Rumah Jamur Departemen Biologi FMIPA, IPB; (6) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Cibinong dan (7) Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (LRPI), Bogor.

Degradasi Media Serbuk Gergajian Kayu Sengon

Karakter ligninolitik keenam isolat kelompok *Pleurotus* asal Bogor yaitu *Pleurotus* EB14-2, EB24, EA4, EAB7, EB6 dan EB9, dengan *P. ostreatus* HO sebagai pembanding standar pada media serbuk gergajian kayu Sengon dalam kantong dengan bobot sekitar 400 gram (kultivasi dengan media serbuk gergajian kayu Sengon). Kultur agar ketujuh isolat kelompok *Pleurotus* selanjutnya dibuat bibit dengan cara menumbuhkan miselium ukuran 100 mm² pada media bibit dalam botol (jewawut 23%, dedak 3%, kapur 0.4% dan serbuk gergajian 73.6% serta air secukupnya), kemudian diinkubasi di tempat gelap pada suhu kamar. Jika miselium telah tumbuh memenuhi media bibit dalam botol dengan baik, baru kemudian sebanyak satu sendok teh bibit (\pm 10 gram) tersebut diinokulasikan pada media serbuk gergajian kayu Sengon dalam kantong.

Media serbuk gergajian kayu Sengon dalam kantong terdiri atas 82.5% serbuk gergajian yang ditambah 15% dedak (bekatul padi), 1.5% gips, dan 1.0% kapur serta air secukupnya, tiap kantong plastik diisi sekitar 400 gram media dan kemudian disterilisasi dalam drum kukus selama 7 jam. Media serbuk gergajian kayu Sengon yang sudah diinokulasi dengan bibit disimpan di ruang inkubasi, kemudian yang sudah penuh dengan miselium disimpan di ruang pemeliharaan

atau ruang produksi sampai keluar tubuh buah. Uji ini dilakukan dengan 4 ~ 10 ulangan. Pengamatan dilakukan pada fase vegetatif dan pada fase reproduktif. Fase vegetatif adalah waktu inkubasi dari awal inokulasi sampai kantong penuh dengan miselium. Fase reproduktif adalah dimulai setelah fase vegetatif sampai membentuk tubuh buah dan berlanjut sampai beberapa kali panen tubuh buah sampai bahan substrat habis dan tidak terbentuk lagi tubuh buah, hal tersebut bisa sampai 8 kali panen bahkan lebih. Dalam penelitian ini yang diamati biodegradasinya dibatasi hanya sampai 4 kali panen tubuh buah.

Prosedur Penetapan Contoh Uji dan Analisis Data

Contoh uji, yaitu media serbuk gergajian kayu Sengon dalam kantong tersebut, dibuka dan dihancurkan dengan menggunakan blender khusus (*Hammer Mill*), kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C selama 4 ~ 6 hari sampai kadar air sekitar 15%. Contoh uji tersebut kemudian ditimbang sekitar 30 gram untuk bahan analisis.

Analisis dilakukan dengan mengukur kadar zat ekstraktif larut dalam air (Standar TAPPI T 207 om-88), kadar zat ekstraktif larut dalam NaOH 1% (Standar TAPPI T 212 om-88), kadar zat ekstraktif larut dalam alkohol-benzena (Standar TAPPI T 204 om-88), analisis kadar lignin (Standar TAPPI T 13 os-54), dan analisis kadar holoselulosa dengan metoda *browning* (Standar TAPPI T 211 m) dan analisis kadar selulosa Cross dan Bevan. Analisis dengan menggunakan metode yang diacu dari Meulenhoff *et al.* (1977) dan TAPPI (1996).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Pengolahan data analisis ragam menggunakan SAS9 dan analisis kelompok menggunakan aplikasi SPSS13.

Hasil

Degradasi Media Serbuk Gergajian Kayu Sengon

Hasil penelitian menunjukkan kelarutan ekstraktif substrat baik: kelarutan dalam air dingin (KDAD), kelarutan dalam air panas (KDAP), kelarutan dalam NaOH 1% (KDNaOH1) dan kelarutan dalam alkohol-benzena (KDEB) cenderung meningkat setelah diinokulasi oleh masing-masing isolat kelompok *Pleurotus* baik pada fase vegetatif maupun reproduktif. KDNaOH1 yang meningkat mengindikasikan adanya sejumlah polisakarida yang juga degradasi oleh jamur (Standar TAPPI T 212 om-88). Kelarutan zat ekstraktif tampak menurun seiring masa inkubasi (Tabel 1).

KDAD terbesar diperoleh setelah diinokulasi oleh *Pleurotus* EB7 pada saat fase vegetatif. KDAP terbesar diperoleh setelah diinokulasi oleh *Pleurotus* EB9 pada saat fase vegetatif. KDNaOH1 terbesar diperoleh setelah diinokulasi oleh *P. ostreatus* HO pada saat panen ke-1. KDEB terbesar diperoleh setelah diinokulasi *Pleurotus*

Table 1. Water content and extractives substance of substrate (%) having applied of each wild *Pleurotus* group isolates.

Isolate	Observation time	Dryweight	KA	KDAD	KDAP	KDNaOH1	KDEB
	control ¹⁾	119.6	9.0	5.4	10.0	24.1	3.8
<i>Pleurotus</i> EAB7	vegetative phase	109.1	8.9	12.1	12.5	31.5	6.0
	harvest 1	85.9	8.1	8.1	10.5	24.6	3.2
	harvest 2	85.4	7.3	10.0	12.4	26.4	3.9
	harvest 3	83.1	7.6	12.0	13.3	29.9	3.3
	harvest 4	87.9	7.9	11.5	12.7	30.9	2.2
<i>Pleurotus</i> EB24	vegetative phase	77.3	7.2	7.9	10.8	27.0	4.4
	harvest 1	76.8	6.2	8.7	11.6	30.7	4.7
	harvest 2	68.6	5.9	9.3	12.0	23.7	3.0
	harvest 3	²⁾	-	-	-	-	-
	harvest 4	64.7	5.5	9.1	11.1	22.0	3.8
<i>Pleurotus</i> EB14-2	vegetative phase	74.3	7.2	11.4	12.1	28.7	2.2
	harvest 1	85.9	6.0	10.3	13.6	29.1	4.3
	harvest 2	94.6	8.7	9.8	12.4	29.8	4.1
	harvest 3	64.2	7.0	8.1	8.7	21.2	3.0
	harvest 4	60.5	5.7	6.9	8.7	18.2	2.0
<i>Pleurotus</i> EB6	vegetative phase	91.6	7.9	7.0	8.6	23.0	3.4
	harvest 1	87.5	7.4	9.4	11.6	23.2	4.7
	harvest 2	86.7	6.6	8.8	12.5	23.7	4.7
	harvest 3	78.4	7.3	5.6	8.6	20.6	2.9
	harvest 4	60.4	4.0	6.7	7.3	16.1	2.4
<i>Pleurotus</i> EA4	vegetative phase	97.3	8.4	9.4	11.8	27.8	3.3
	harvest 1	78.3	5.5	7.6	10.1	24.3	3.7
	harvest 2	53.9	4.5	5.3	6.8	17.8	1.9
	harvest 3	69.2	6.0	9.3	11.5	23.4	2.8
	harvest 4	77.1	7.2	9.3	10.0	23.4	2.6
<i>P.ostreatus</i> HO	vegetative phase	81.3	6.6	9.8	12.9	27.1	3.6
	harvest 1	97.1	8.4	11.6	13.5	34.3	4.0
	harvest 2	78.8	5.8	11.2	13.3	28.3	4.3
	harvest 3	69.1	5.0	10.1	11.9	23.6	2.6
	harvest 4	80.3	6.1	10.7	12.7	20.0	3.1
<i>Pleurotus</i> EB9	vegetative phase	118.4	9.0	11.0	13.6	30.0	4.1
	harvest 1	70.7	5.1	5.6	7.3	19.0	3.1
	harvest 2	114.5	9.4	9.6	11.9	32.2	3.6
	harvest 3	68.1	6.5	6.5	7.3	15.5	1.6
	harvest 4	18.4	1.8	2.0	2.2	5.3	0.5

Notes: KA: Water content; KDAD: cold water soluble extractive substance; KDAP: hot water soluble extractive substance; KDNaOH1: NaOH (sodium hydroxide) 1% soluble extractive substance; KDEB: alcohol-benzena soluble extractive substance; ¹⁾ Control: Substrate which are uninoculated of each wild *Pleurotus* group isolates; ²⁾ not observed.

EB7 pada saat fase vegetatif. Jenis isolat, fase pertumbuhan dan interaksi antara jenis isolat dan fase pertumbuhan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar zat-zat ekstraktif substrat.

Hasil penelitian menunjukkan kandungan polimer kayu baik lignin, selulosa dan hemiselulosa substrat cenderung menurun setelah diinokulasi oleh masing-

masing isolat kelompok *Pleurotus* baik pada fase vegetatif maupun reproduktif. Hemiselulosa yang meningkat mengindikasikan adanya sejumlah bahan penyusun kayu yang tidak terukur terdegradasi oleh jamur (Tabel 2). Kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa terkecil diperoleh setelah diinokulasi oleh *Pleurotus* EB9 pada saat panen ke-4. Jenis isolat, fase pertumbuhan

Table 2 Lignin content, holocellulose, cellulose and hemicellulose of substrate (%) having applied of each wild *Pleurotus* group isolates

Isolate	Observation time	Lignin	Holocellulose	Cellulose	Hemicellulose
	control ¹⁾	23.0	64.6	47.4	17.2
<i>Pleurotus</i> EAB7	vegetative phase	20.5	62.1	38.5	23.6
	harvest 1	17.8	47.8	29.4	18.3
	harvest 2	18.9	45.9	28.1	17.8
	harvest 3	13.4	45.1	27.0	18.1
	harvest 4	14.9	44.9	27.5	17.5
<i>Pleurotus</i> EB24	vegetative phase	11.9	37.9	19.5	18.4
	harvest 1	13.4	37.5	20.5	17.0
	harvest 2	13.2	36.1	24.6	11.5
	harvest 3	- ²⁾	-	-	-
	harvest 4	12.6	34.3	23.5	10.8
<i>Pleurotus</i> EB14-2	vegetative phase	14.6	35.7	24.8	10.9
	harvest 1	12.3	42.4	23.9	18.5
	harvest 2	20.5	54.0	31.4	22.6
	harvest 3	9.7	32.5	20.8	11.7
	harvest 4	12.0	33.1	20.1	13.0
<i>Pleurotus</i> EB6	vegetative phase	12.7	46.0	27.4	18.6
	harvest 1	13.3	44.1	27.6	16.5
	harvest 2	13.8	44.1	26.1	18.0
	harvest 3	17.0	45.1	26.7	18.5
	harvest 4	10.4	31.3	20.7	10.7
<i>Pleurotus</i> EA4	vegetative phase	14.6	51.3	28.7	22.6
	harvest 1	12.6	42.4	23.7	18.7
	harvest 2	9.2	28.1	16.7	11.4
	harvest 3	14.2	37.9	23.8	14.1
	harvest 4	10.4	38.7	22.7	16.0
<i>P.ostreatus</i> HO	vegetative phase	13.2	40.3	23.8	16.5
	harvest 1	17.2	48.1	28.8	19.3
	harvest 2	13.5	39.1	22.2	16.9
	harvest 3	10.5	34.6	20.0	14.5
	harvest 4	13.1	42.1	25.7	16.3
<i>Pleurotus</i> EB9	vegetative phase	18.2	67.2	37.9	29.3
	harvest 1	10.3	36.0	21.7	14.3
	harvest 2	19.1	57.9	33.6	24.3
	harvest 3	9.3	37.4	23.9	13.5
	harvest 4	2.4	8.8	6.0	2.8

¹⁾ Control: Substrate which are uninoculated of each wild *Pleurotus* group isolates ;

²⁾ not observed.

dan interaksi antara jenis isolat dan fase pertumbuhan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar lignin substrat.

Fase pertumbuhan berpengaruh nyata terhadap kadar selulosa dan hemiselulosa substrat, namun jenis isolat dan interaksi antara jenis isolat dan fase pertumbuhan tidak berpengaruh secara nyata.

Penurunan kandungan polimer kayu yang cukup besar juga ditunjukkan oleh adanya penurunan bobot kering substrat setelah diinokulasi isolat kelompok

Pleurotus. Bobot kering substrat terkecil juga diperoleh setelah diinokulasi oleh *Pleurotus* EB9 pada saat panen ke-4 (Gambar 1).

Kadar zat-zat ekstraktif total secara umum meningkat setelah diinokulasi oleh masing-masing isolat kelompok *Pleurotus* baik pada fase vegetatif maupun reproduktif (Gambar 2).

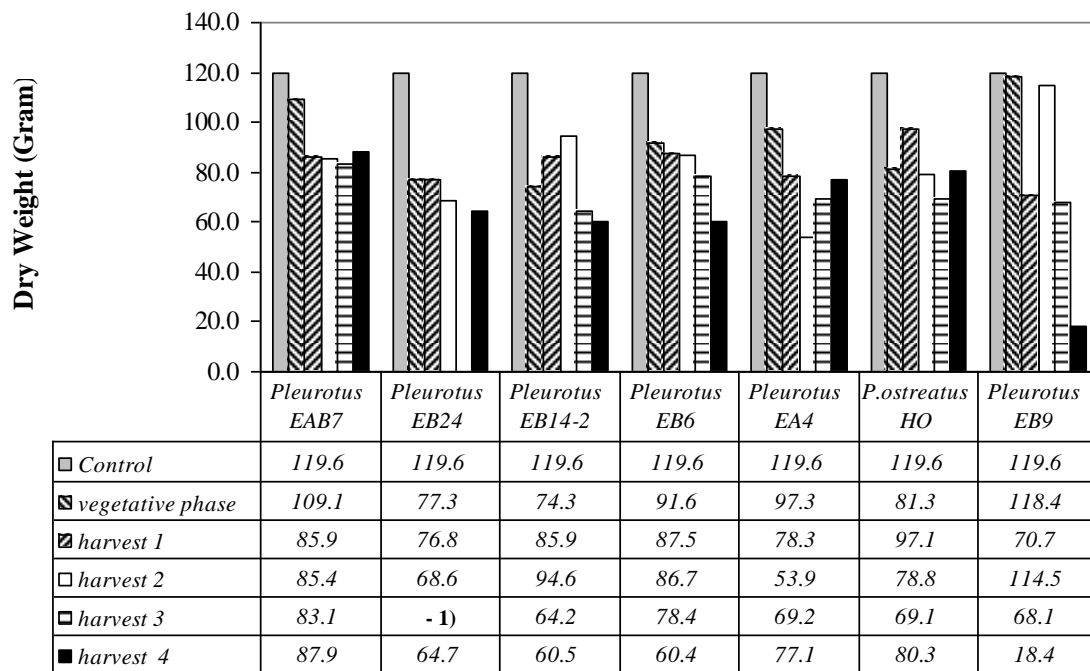


Figure 1. Dry weight of substrate having applied of each wild *Pleurotus* group isolates.
Note: 1) not observed.

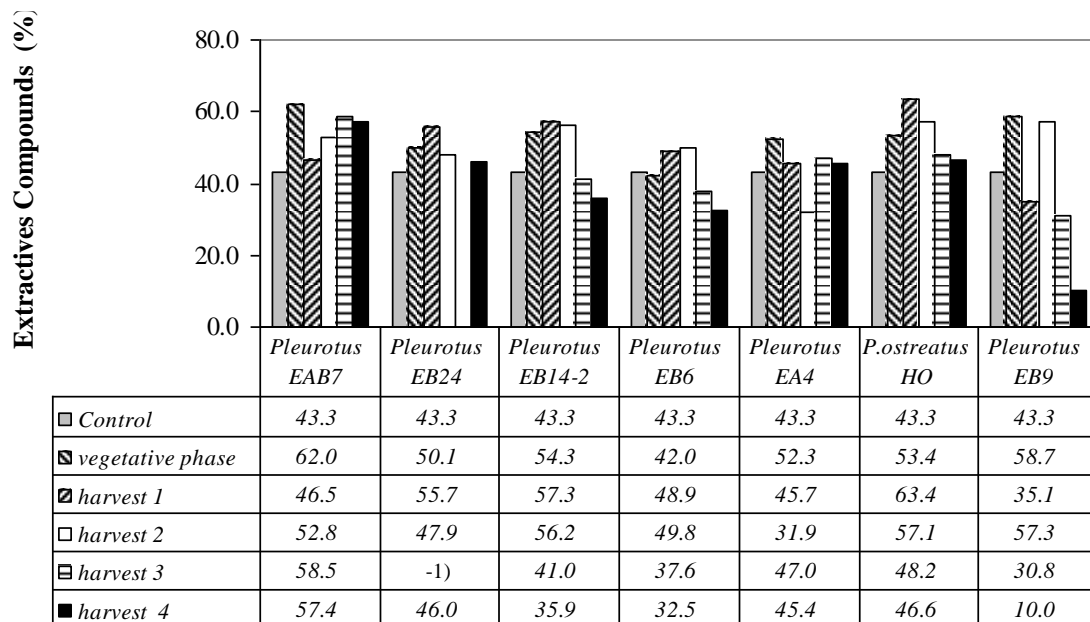


Figure 2. Extractives total compounds of substrate having applied of each wild *Pleurotus* group isolates.
Note: 1) not observed.

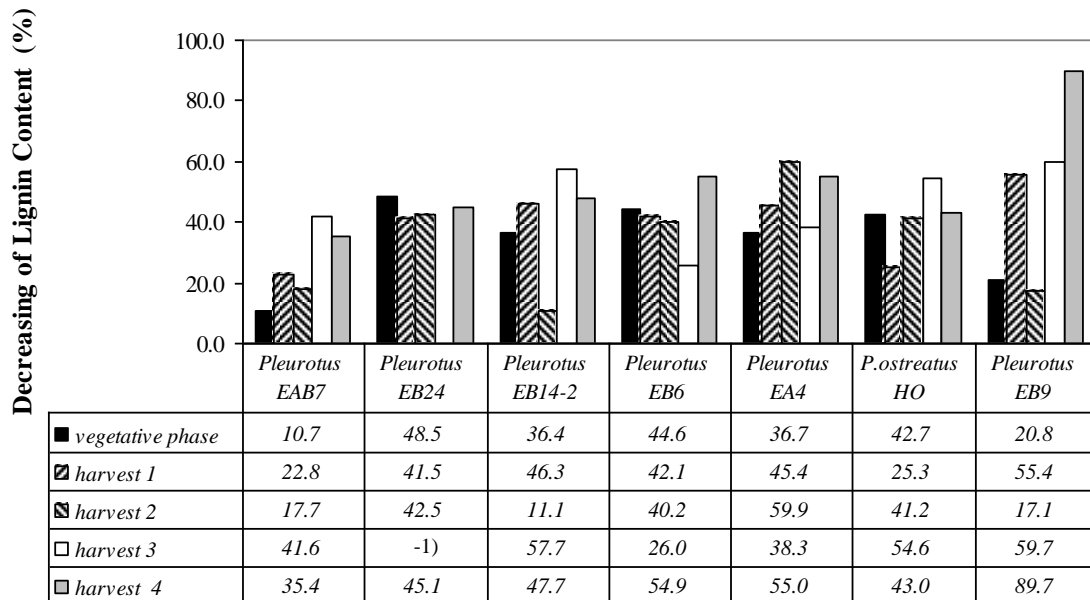


Figure 3. Decreasing of lignin content of substrate having applied of each wild *Pleurotus* group isolates.
Note: ¹⁾ not observed.

Kadar lignin substrat yang rendah setelah diinokulasi isolat-isolat jamur tersebut, menunjukkan isolat-isolat mempunyai potensi ligninolitik yang cukup besar. Penurunan kadar lignin substrat terbesar juga diperoleh setelah diinokulasi oleh *Pleurotus* EB9 pada saat panen ke-4 (Gambar 3).

Penurunan kadar lignin oleh isolat-isolat jamur tersebut berkisar antara 10.7 sampai dengan 89.7%. *Pleurotus* EB9 mempunyai kemampuan menurunkan kadar lignin sampai 89.7%. Penurunan kadar selulosa oleh isolat-isolat jamur tersebut berkisar antara 18.9 sampai dengan 87.4%. *Pleurotus* EB9 juga dapat menurunkan kadar selulosa tertinggi yaitu 87.4%. Kadar hemiselulosa tampak menunjukkan fluktuatif, ada yang meningkat ada yang menurun. Hal ini diduga disebabkan adanya sejumlah bahan penyusun kayu yang tidak terukur terdegradasi oleh jamur seperti kadar zat ekstraktif (Tabel 3).

Analisis Kelompok Berdasarkan Karakter Ligninolitik Biodegradasi Substrat oleh Kelompok *Pleurotus*

Hasil analisis kelompok berdasarkan penurunan kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa pada fase vegetatif memperlihatkan *Pleurotus* EB9 dan *Pleurotus* EAB7 (EB7) sangat dekat dengan persamaan 94% dan membentuk kelompok sendiri. *P. ostreatus* HO berada dengan isolat lainnya dalam kelompok yang berbeda (Gambar 4A). Hasil analisis kelompok berdasarkan pada fase reproduktif memperlihatkan *Pleurotus* EB9 dan *Pleurotus* EA4 sangat dekat dengan persamaan 95% dan dengan *Pleurotus* EB24 membentuk kelompok besar kedua, sedangkan *P. ostreatus* HO berada

dengan isolat lainnya dalam kelompok yang berbeda (Gambar 4B).

Pembahasan

Dari sisi pandangan untuk proses *biopulping* dan *bleaching*, isolat jamur yang diharapkan adalah yang dapat meningkatkan kelarutan zat ekstraktif dan menurunkan kadar lignin, namun sedikit menurunkan kadar selulosa dan hemiselulosa (rendemen). Rendemen dapat ditunjukkan secara praktis dengan melihat bobot kering sisa degradasi. Lama fase vegetatif dan reproduktif dapat dilihat pada penelitian 2 tentang karakter fisiologi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada fase vegetatif, *Pleurotus* EB9 merupakan isolat yang mempunyai kemampuan meningkatkan kelarutan zat ekstraktif cukup tinggi (26.2%) dan menurunkan kadar lignin cukup besar (20.8%), dan menurunkan kadar selulosa (20.1%) serta tampak ada peningkatan kadar hemiselulosa (70.6%). Isolat *Pleurotus* EB9 tersebut mempunyai fase vegetatif yang sangat singkat yaitu 14 hari dan menyebabkan penurunan bobot kering sisa degradasi yang paling kecil yaitu 1.0%.

Isolat *Pleurotus* EAB7, pada fase vegetatif meningkatkan kelarutan zat ekstraktif cukup tinggi (30.2%) dan menurunkan kadar lignin (10.7%), dan menurunkan kadar selulosa (18.9%) dan tampak ada peningkatan kadar hemiselulosa (37.55%). Namun isolat tersebut mempunyai fase vegetatif yang cukup panjang (73.7 hari) dengan menyebabkan penurunan bobot kering sisa degradasi sebesar 8.8%.

Isolat *Pleurotus* EA4, pada fase vegetatif mempunyai kemampuan meningkatkan kelarutan zat ekstraktif (17.2%) dan menurunkan kadar lignin cukup tinggi (36.7%), dan menurunkan kadar selulosa cukup besar (39.4%) dan tampak ada peningkatan kadar

hemiselulosa (31.2%). Namun isolat tersebut mempunyai fase vegetatif yang cukup panjang (78.6 hari) dengan menyebabkan penurunan bobot kering sisa degradasi sebesar 18.7%.

Table 3. Increasing of extractives total compounds, decreasing of dry weight, lignin content, cellulose and hemicellulose both in vegetative and reproductive phases having applied of each wild *Pleurotus* group isolates

Isolate	Observation time	Increasing of Extractives (%)	Decreasing (%)			
			Dry weight	Lignin content	Cellulose content	Hemicellulose content
<i>Pleurotus</i> EB7	vegetative phase	30.2	8.8	10.7	18.9	-37.5 ³⁾
	harvest 1	6.8	28.2	22.8	37.9	-6.6
	harvest 2	18.0	28.6	17.7	40.7	-3.4
	harvest 3	26.0	30.5	41.6	43.0	-5.4
	harvest 4	24.6	26.5	35.4	42.1	-1.5
<i>Pleurotus</i> EB24	vegetative phase	13.7	35.4	48.5	58.9	-7.1
	harvest 1	22.3	35.8	41.5	56.7	1.1
	harvest 2	9.7	42.6	42.5	48.1	32.9
	harvest 3	-1)	-	-	-	-
	harvest 4	5.8	45.9	45.1	50.4	37.1
<i>Pleurotus</i> EB14-2	vegetative phase	20.3	37.9	36.4	47.8	36.3
	harvest 1	24.4	28.2	46.3	49.6	-7.8
	harvest 2	23.0	20.9	11.1	33.7	-31.2
	harvest 3	-5.6 ²⁾	46.3	57.7	56.2	31.9
	harvest 4	-20.5	49.4	47.7	57.6	24.5
<i>Pleurotus</i> EB6	vegetative phase	-3.0	23.4	44.6	42.3	-8.4
	harvest 1	11.5	26.8	42.1	41.8	4.0
	harvest 2	13.0	27.5	40.2	44.9	-4.5
	harvest 3	-15.0	34.5	26.0	43.8	-7.4
	harvest 4	-33.4	49.5	54.9	56.4	38.1
<i>Pleurotus</i> EA4	vegetative phase	17.2	18.7	36.7	39.4	-31.2
	harvest 1	5.2	34.5	45.4	50.0	-8.9
	harvest 2	-35.6	54.9	59.9	64.7	33.8
	harvest 3	7.8	42.1	38.3	49.9	18.0
	harvest 4	4.6	35.5	55.0	52.1	6.8
<i>P.ostreatus</i> HO	vegetative phase	18.9	32.0	42.7	49.7	4.3
	harvest 1	31.8	18.9	25.3	39.1	-12.0
	harvest 2	24.2	34.1	41.2	53.2	1.5
	harvest 3	10.2	42.2	54.6	57.7	15.4
	harvest 4	7.0	32.8	43.0	45.7	5.1
<i>Pleurotus</i> EB9	vegetative phase	26.2	1.0	20.8	20.1	-70.6
	harvest 1	-23.2	40.9	55.4	54.2	17.0
	harvest 2	24.4	4.3	17.1	29.1	-41.1
	harvest 3	-40.4	43.1	59.7	49.7	21.4
	harvest 4	-334.3	84.7	89.7	87.4	83.5

Notes: Value of Increasing of extractives total compounds as compared to extractives total compounds of control (43.3%); value of decreasing of dry weight, lignin content, cellulose and hemicellulose as compared to each control : dry weight (119.6 g), lignin content (23.0%), cellulose (47.4%) and hemicellulose (17.2%); ¹⁾ not observed ²⁾ Negative value in this column meaning there are decreasing; ³⁾ Negative value in this column meaning there are increasing.

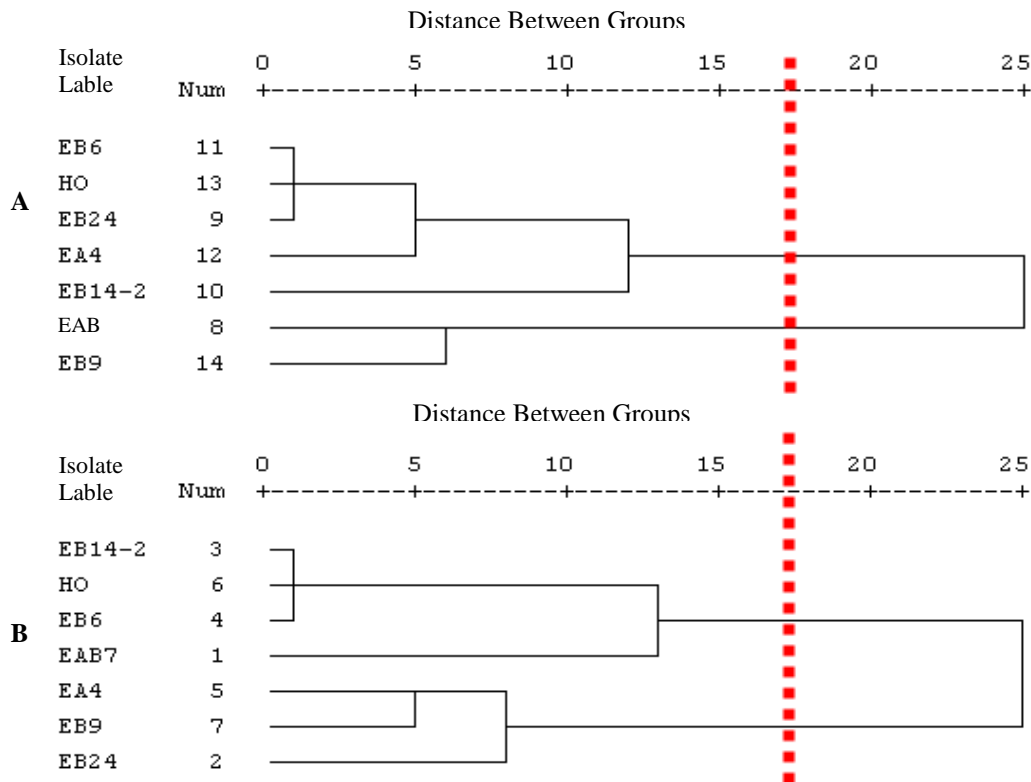


Figure 4. A. Dendrograme of the ligninolytic character on vegetative phase of these six fungi isolates *Pleurotus* group *Fungi* from Bogor, namely *Pleurotus* EB6, *P. ostreatus* HO, *Pleurotus* EB24, *Pleurotus* EA4, *Pleurotus* EB14-2, *Pleurotus* EAB7 dan *Pleurotus* EB9. B. Dendrograme of the ligninolytic character on reproductive phase of these six fungi isolates *Pleurotus* group *Fungi* from Bogor, namely *Pleurotus* EB14-2, *P. ostreatus* HO, *Pleurotus* EB6, *Pleurotus* EAB7, *Pleurotus* EA4, *Pleurotus* EB9 dan *Pleurotus* EB24.

Isolat *P. ostreatus* HO mempunyai kemampuan meningkatkan kelarutan zat ekstraktif (18.9%) dan menurunkan kadar lignin cukup tinggi (42.7%), dan menurunkan kadar selulosa cukup besar (49,7%) dan tampak ada peningkatan kadar hemiselulosa (4.3%). Isolat tersebut mempunyai fase vegetatif yang cukup pendek (19.5 hari) dengan menyebabkan penurunan bobot kering sisa degradasi sebesar 32.0%. Padahal *P. ostreatus* diketahui merupakan jamur pelapuk putih yang lebih selektif terhadap lignin dibanding *P. chrysosporium* (Kerem *et al.* 1992).

Isolat *Pleurotus* EB24, EB14-2 dan EB6, pada fase vegetatif mempunyai kemampuan menurunkan kadar lignin yang cukup tinggi, namun pada aspek-aspek lain dalam kriteria sebagai agens *biopulping* dan *biobleaching* mempunyai kelemahan seperti sedikit menurunkan kelarutan zat ekstraktif, menurunkan juga rendemen bahan pulp serta mempunyai fase vegetatif yang cukup lama. Hal ini menunjukkan bahwa isolat spesies jamur yang berbeda memiliki kemampuan yang berbeda dalam mendegradasi satu jenis media (substrat gergajian kayu Sengon).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang paling baik untuk agens *biopulping* dan *biobleaching* adalah *Pleurotus* EB9 pada fase vegetatif. Walaupun isolat tersebut pada fase reproduktif, mempunyai kemampuan menurunkan kadar lignin sampai 89.7%, namun mempunyai kelemahan terutama masa inkubasi yang cukup lama dan juga rendemen berupa selulosa dan hemiselulosa yang rendah karena semakin besar terdegradasi. Menurut Chang dan Hayes (1978), setelah terbentuk tubuh buah (basidiokarp) fraksi holoselulosa, α -selulosa dan lignin direduksi kira-kira mencapai 80%. Zadrzil (1975 dalam Chang dan Hayes 1978) mengatakan bahwa hasil dekomposisi kompleks lignoselulosa oleh *P. osteratus* adalah 50% menjadi substrat yang dibebaskan sebagai gas CO₂, 20% sebagai air, 20% sebagai residu kompos, dan 10% menjadi tubuh buah. Hasil akhir menunjukkan kandungan nitrogen dan mineral meningkat selama pertumbuhan. Menurut Herliyana (1997), setelah 6 minggu inkubasi pada kultivasi media padat dengan kondisi diberi aerasi, pemberian *Schizophillum commune* dapat menurunkan kadar lignin pada pulp kayu *Acacia*

mangium (69.3%) dan pada pulp kayu *Pinus merkusii* (10%), dan pemberian *P. chrysosporium* dapat menurunkan kadar lignin pada pulp kayu *A. mangium* (41.8%) dan pada pulp kayu *P. merkusii* (75.9%).

Kelompok ekstraktif pada substrat kayu mempunyai kadar yang sedikit, namun terdiri atas pelbagai senyawa kimia. Komponen utama yang larut air adalah terdiri atas karbohidrat, protein, dan garam-garam anorganik. Ekstraksi pelarut dapat dilakukan dengan berbagai pelarut organik seperti eter, aseton, benzena, etanol, diklorometana atau campuran pelarut tersebut. Asam lemak, asam resin, lilin, tanin dan zat warna adalah bahan penting yang dapat diekstrak dengan pelarut organik. Dalam kasus manapun tidak ada perbedaan yang tegas antara komponen ekstraktif yang dipisahkan dengan pelarut yang berbeda, misalnya, tanin larut dalam air panas, tetapi juga ditemukan dalam ekstrak alkohol (Achmadi 1988).

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kelarutan dalam NaOH 1% (KDNAOH1) yang mengindikasikan adanya polisakarida yang terdegradasi. Isolat *Pleurotus* EB9 pada fase vegetatif mempunyai peningkatan KDNAOH1 yang cukup rendah (19,7%), hal tersebut menunjukkan rendahnya degradasi pada selulosa maupun hemiselulosa. Peningkatan KDNAOH1 tertinggi diperoleh pada masa panen ke-4 oleh *Pleurotus* EB9. Pada kondisi ini ternyata menunjukkan adanya penurunan kadar selulosa dan juga hemiselulosa yang tertinggi. Untuk kepentingan *biopulping* dan *biobleaching*, maka dapat direkomendasikan untuk memanfaatkan isolat *Pleurotus* EB9 pada fase vegetatif yang mempunyai peningkatan KDNAOH1 yang cukup rendah (19.7%), hal tersebut menunjukkan rendahnya degradasi pada selulosa maupun hemiselulosa.

Kelompok *Pleurotus* merupakan dekomposer bahan organik utama yang dapat secara efisien dan selektif menguraikan lignoselulosa tanpa perlakuan pendahuluan secara kimia atau biologi, dan dapat menggunakan variasi besar dalam bahan lignoselulosa. Beberapa contoh bahan lignoselulosa adalah jerami padi, ampas tebu, sisa gergajian, kulit coklat, pulp kopi dan batang-batang kapas. Hadar *et al.* (1993) menemukan bahwa selama 4 minggu proses kultivasi padat, kadar lignin menurun secara nyata. *Pleurotus* spp., diketahui mempunyai daya delignifikasi yang selektif dibanding *P. chrysosporium* (Kerem *et al.* 1992).

Analisis kelompok karakter ligninolitik menunjukkan pengelompokan berdasarkan karakter ligninolitik berbeda dengan pengelompokan berdasarkan karakter fisiologis. Hal tersebut menunjukkan, antar isolat mempunyai karakter ligninolitik yang berbeda.

Penurunan kadar zat ekstraktif, lignin, selulosa dan peningkatan hemiselulosa substrat oleh isolat jamur kelompok *Pleurotus* secara statistik tidak berbeda nyata. Padahal *P. ostreatus* diketahui merupakan jamur pelapuk putih yang lebih selektif terhadap lignin

dibanding *P. chrysosporium* (Kerem *et al.* 1992). Penelitian ini menunjukkan bahwa masing-masing isolat mempunyai kemampuan mendegradasi substrat berbeda.

Peningkatan kadar hemiselulosa pada substrat diduga disebabkan oleh terjadinya degradasi lignin dan selulosa atau bahan penyusun kayu yang lain oleh satu isolat jamur pada satu masa inkubasi yang lebih cepat sehingga kadar hemiselulosa relatif meningkat dan rasio holoselulosa/lignin (H/L) substrat serbuk gergajian kayu meningkat. Selain mendegradasi lignin, jamur kelompok *Pleurotus* juga menghasilkan enzim lain, diantaranya selulase dan protease (Hong dan Namgung 1975 dalam Chang dan Quimio 1982), hemiselulase (Hong dalam Chang dan Quimio 1982), aminopeptidase (Blaich 1973 dalam Chang dan Quimio 1982).

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada fase vegetatif, *Pleurotus* EB9 merupakan isolat yang mempunyai kemampuan meningkatkan kelarutan zat ekstraktif cukup tinggi (26.2%) dan menurunkan kadar lignin cukup besar (20.8%), dan menurunkan kadar selulosa (20.1%) serta tampak ada peningkatan kadar hemiselulosa (70.6%). Isolat *Pleurotus* EB9 tersebut mempunyai fase vegetatif yang sangat singkat yaitu 14 hari dan menyebabkan penurunan bobot kering sisa degradasi yang paling kecil yaitu 1.0%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang paling baik untuk agens *biopulping* dan *biobleaching* adalah *Pleurotus* EB9 pada fase vegetatif. Isolat *Pleurotus* EB9 pada fase vegetatif juga yang mempunyai peningkatan KDNAOH1 yang cukup rendah (19.7%), hal tersebut menunjukkan rendahnya degradasi pada selulosa maupun hemiselulosa.

Analisis kelompok menunjukkan pengelompokan berdasarkan karakter ligninolitik yang berbeda dengan pengelompokan berdasarkan karakter fisiologis. Hal tersebut menunjukkan isolat spesies jamur yang berbeda memiliki kemampuan yang berbeda dalam mendegradasi satu jenis media.

Isolat *Pleurotus* EB24, EB14-2 dan EB6, pada fase vegetatif mempunyai kemampuan menurunkan kadar lignin yang cukup tinggi, namun pada aspek-aspek lain dalam kriteria sebagai agens *biopulping* dan *biobleaching* mempunyai kelemahan seperti sedikit menurunkan kelarutan zat ekstraktif, menurunkan juga rendemen bahan pulp serta mempunyai fase vegetatif yang cukup lama.

Penelitian biodegradasi substrat pada jenis kayu lainnya disarankan dapat menjadi topik penelitian dengan menganalisa polisakarida hasil kelarutan dalam NaOH 1% dianjurkan untuk melihat jenis polisakarida apa yang terdegradasi sehingga dapat diketahui enzim-enzim yang dihasilkannya.

Daftar Pustaka

- Achmadi, S.S. 1988. Diktat Kimia Kayu. Bogor: Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.
- Chang, S.T. and W.A. Hayes, editor. 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. New York: Academic Press.
- Chang, S.T. and T.H. Quimio, editor. 1982. Tropical Mushrooms Biological Nature and Cultivation Methods. Hong Kong: The Chinese University Press of Hong Kong.
- Gunawan, A.W. 1997. Status Penelitian Biologi dan Budi Daya Jamur di Indonesia. J. Hayati 12: 80-84.
- Hadar, Y.; Z. Kerem; B. Gorodecki. 1993. Biodegradation of Lignocellulotic Agricultural Wastes by *Pleurotus ostreatus*. J. Biotechnol 30: 133-139.
- Herliyana, E.N. 1997. Potensi *Schizophyllum commune* dan *Phanerochaete chrysosporium* untuk Pemutihan Pulp Kayu *Acacia mangium* dan *Pinus merkusii* [Thesis]. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Kerem Z; D. Friesem; Y. Hadar. 1992. Lignocellulose Degradation during Solid State Fermentation *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl Environ Microbiol* 4: 1121-1127.
- [LR] Landcare Research. 2004. *Pleurotus* spp. in Research. <http://nzfungi.landcareresearch.co.nz>. [2 Oktober 2006]
- Meulenhoff, I.W.M.; K. Sofyan; S.S. Achmadi. 1977. Penuntun Praktikum Kimia Kayu. Fakultas Kehutanan, IPB.
- [TAPPI] Technical Association of The Pulp and Paper Industry. 1996. Metered Size Press Forum, Proceeding of The Tappi 1996 Metered Size Press Forum. Atlanta: Tappi Press.
- Makalah masuk (*received*) : 12 Februari 2008
Diterima (*accepted*) : 05 Mei 2008
Revisi terakhir (*final revision*) : 12 Juni 2008
- Elis Nina Herliyana dan Achmad
Dept Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor (*Siviculture Dept., Faculty of Forestry, Bogor Agriculture University*)
Fax : 0251626806,
E-mail : elisherliana@yahoo.com
- Dodi Nandika
Dept Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor (*Forest Product Dept., Faculty of Forestry, Bogor Agriculture University*)
Fax : 0251621285
- Lisdar I. Sudirman
Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor (*Biology Dept., Faculty of MIPA, Bogor Agriculture University*)
E-mail : lsd@indo.net.id
- Arief B. Witarto
Pusat Penelitian Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (*Biotechnology Research Center, Indonesian Institute of Sciences*), Cibinong
Fax : 02177835140
E-mail : witarto@yahoo.com.