



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

POTENSI JAMUR *Melanotus* sp. DAN *Phanerochaete chrysosporium* SEBAGAI BIODELIGNIFIKASI RAMAH LINGKUNGAN DALAM PROSES *PULPING*

BIDANG KEGIATAN :

PKM GT

Diusulkan oleh :

Mawardi Kartasasmita (F34100075 / 2010)

Achmad Solikhin (E24090040 / 2009)

Mujtahid Alfajri (F34090063 / 2009)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2011



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

POTENSI JAMUR *Melanotus sp.* DAN *Phanerochaete chrysosporium* SEBAGAI BIODELIGNIFIKASI RAMAH LINGKUNGAN DALAM PROSES *PULPING*

BIDANG KEGIATAN :

PKM GT

Diusulkan oleh :

Mawardi Kartasasmita (F34100075 / 2010)

Achmad Solikhin (E24090040 / 2009)

Mujtahid Alfajri (F34090063 / 2009)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2011



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Potensi Jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* sebagai Biodelignifikasi Ramah Lingkungan dalam Proses *Pulping*
2. Bidang Kegiatan : () PKM-AI (√) PKM-GT
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. NIM : F34100075
 - b. Jurusan : Teknik Industri Pertanian
 - c. Institut : Institut Pertanian Bogor
 - d. Alamat Rumah dan No.HP : Jln. Utan Kayu No.78 A rt/rw 05/010 Jakarta Timur 13120
 - e. Nama Lengkap : Mawardi Kartasasmita
 - f. Alamat Email : Mawardi_k1992@yahoo.co.id
4. Anggota Pelaksana Kegiatan : 2 orang
5. Dosen Pendamping
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Ir. Naresworo Nugroho MS
 - b. NIP : NIP.19650122 198903 1 002
 - c. Alamat Rumah dan No.HP : Jalan Beringin V Blok B5/No.7 Taman Pegelaran Ciomas, Bogor 16610

Bogor, 13 Maret 2011

Menyetujui,
Ketua Direktorat
Tingkat Persiapan Bersama

Ketua Pelaksana

Dr. Ir. Ibnul Qoyim
NIP.19650220 199002 1 001

Mawardi Kartasasmita
F34100075

Wakil Rektor Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS
NIP.19581228 198503 1 003

Dr. Ir. Naresworo Nugroho M
NIP.19650122 198903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan program kreativitas mahasiswa yang berupa gagasan tertulis dengan judul “Potensi Jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* sebagai Biodelignifikasi Ramah Lingkungan dalam Proses *Pulping*”. Gagasan tertulis ini merupakan salah satu bentuk pengabdian mahasiswa untuk mengembangkan ilmunya bagi masyarakat. Potensi kedua jamur akan memberikan masukan industri kertas untuk mengembangkan biodelignifikasi atau degradasi lignin dengan bantuan jamur dalam pembuatan kertas. Penerapan ini telah banyak dilakukan di negara maju, untuk itu diharapkan negara kita dapat mengaplikasikan *biopulping* ini karena ramah lingkungan, rendemen yang dihasilkan tinggi, dan sangat sesuai diterapkan di Indonesia yang notabene nagara beriklim tropis.

Akhirnya, kami berharap gagasan ilmiah ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, terutama pengusaha industri yang masih menginginkan kelestarian lingkungan. Terlepas dari semua kesalahan dan kekurangan dalam pengembangan ide atau gagasan ini, kami berharap ada ide yang lebih kreatif, aktual, dan realistik lagi berkenaan dalam penyempurnaan gagasan ilmiah kami. Kritik dan saran dari para pembaca akan kami terima dengan senang hati.

Bogor, 13 Mei 2011

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR DAN TABEL.....	v
RINGKASAN.....	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang.....	1
Tujuan	1
Manfaat.....	1
GAGASAN.....	2
Jamur Pendegradasi Lignin.....	3
Biodelignifikasi oleh <i>Melanotus</i> sp. dan <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	5
Biopulping dengan <i>Melanotus</i> sp. dan <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	7
Penerapan Biopulping dengan Jamur <i>Melanotus</i> sp. dan <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	8
KESIMPULAN.....	9
DAFTAR PUSTAKA.....	10

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur kompleks lignin.....	3
Gambar 2. Kapang <i>Melanotus</i> sp.....	4
Gambar 3. Jamur <i>Phanerochaete</i> sp	4

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pengujian 10 isolat jamur pada media ligoselulase padat.....	6
Tabel 2. Enzim ligninolitik yang dihasilkan <i>white-rot fungi</i>	7

RINGKASAN

Pembuatan kertas atau *pulping* sering menggunakan kayu yang berlignoselulosa. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan komponen kayu yang biasanya digunakan dan masih ada dalam proses *pulping*. Pembuatan kertas lebih membutuhkan selulosa dan hemiselulosa daripada lignin karena kandungan lignin yang masih ada dalam proses tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas kertas. Oleh karena itu, diperlukan teknik tertentu untuk mendegradasi lignin dari *wood chips* yang akan dibuat kertas. Banyak teknik yang telah dikembangkan di industri kertas di Indonesia salah satunya adalah secara *chemical pulping* dengan teknik sulfat. Akan tetapi teknik tersebut tidak ramah lingkungan sehingga perlu alternatif lain sebagai pengganti teknik tersebut. Teknik *biopulping* merupakan salah satu alternatif dalam pemecahan masalah tersebut. Teknik ini memberi peranan bagi organisme tertentu misalnya jamur, serangga, dan bakteri dalam proses pembuatan kertas. Bidelignifikasi dalam proses *pulping* menggunakan cendawan dari subdivisi Basidiomycetes terutama *white rot*. Cendawan *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* merupakan *biopulping* karena fungi tersebut memiliki enzim ligninase sehingga dapat mendegradasi lignin atau biodelignifikasi. Manfaat lain dari jamur tersebut adalah *biobleaching*, biodegradasi polutan, bioremediasi, biokonversi lignin, delignifikasi limbah pertanian, dan desulfurisasi minyak bumi dan batu bara. Penggunaan jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* dalam *biopulping* karena jamur ini hidup di daerah lembab dengan media berligninase seperti kayu. Tidak mudah membudidayakan kedua jamur itu, dibutuhkan lingkungan sekitar yang sesuai. Penerapan biodelignifikasi dalam proses *pulping* tidak semudah membalikkan tangan karena di Indonesia proses sulfat telah mengakar di berbagai industri kertas. Memang proses sulfat lebih toleran untuk semua jenis kayu akan tetapi rendemen kertas yang dihasilkan kecil, tidak ramah lingkungan, membutuhkan banyak bahan kimia pemasak. Akan tetapi, *biopulping* dengan jamur lebih efektif dan efisien dibandingkan proses kimia lainnya.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banyak industri kertas di Indonesia menggunakan *chemical pulping* untuk mendegradasi lignin dalam pembuatan kertas. Salah satu proses ini yang banyak diaplikasikan adalah proses sulfat. Proses sulfat yang toleran terhadap berbagai jenis kayu ini, berakibat buruk bagi lingkungan. Dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran atau polusi air, udara, dan tanah hingga kematian makhluk hidup. Dampak yang lebih besar dari hal tersebut adalah kematian organisme secara bertahap sehingga dibutuhkan penanganan segera ataupun bertahap.

Masalah di atas dapat teratasi salah satunya dengan *pulping* secara biologis. Pembuatan kertas tersebut menggunakan mikroorganisme berupa jamur dalam mekanisme degradasi lignin atau biodelignifikasi. *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* merupakan spesies jamur subdivisi Basidiomycetes yang bermanfaat sebagai biodelignifikasi. Lignin merupakan struktur heterogen dan kompleks sehingga sulit dirombak dalam pembuatan kertas, dengan adanya enzim ligninase yang dihasilkan oleh fungi tersebut lignin pun dapat dirombak. Lignin hasil rombakan inilah yang tidak menghasilkan pencemaran lingkungan. Penerapan *biopulping* dengan fungi setidaknya merupakan solusi alternatif pengganti proses sulfat yang tidak ramah lingkungan.

Tujuan

Biodelignifikasi dengan cendawan subdivisi Basidiomycetes merupakan alternatif yang sangat potensial untuk menggantikan proses sulfat yang banyak diterapkan di berbagai industri kertas di Indonesia. Proses sulfat dalam mendegradasi lignin banyak menggunakan bahan-bahan kimia sehingga berakibat buruk bagi lingkungan. Oleh sebab itu, proses sulfat perlu digantikan dengan biodelignifikasi dengan cendawan sebagai wujud kecintaan kita pada lingkungan. Cendawan tersebut digunakan untuk mengurangi dan mereduksi pencemaran lingkungan dengan mekanismenya mendegradasi lignin serta meningkatkan rendemen dari kertas yang akan dihasilkan.

Manfaat

Manfaat biodelignifikasi dengan cendawan adalah menciptakan lingkungan yang bebas polusi dengan cara mengurangi dan menghilangkan bahan kimia pencemar lingkungan. Selain itu, peranan *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* akan memberikan kontribusi penuh dalam aspek produksi dan sosial. Dilihat dari aspek produksi dapat berupa peningkatan nilai rendemen kertas sedangkan aspek sosial yang berupa peningkatan lapangan kerja dan industri-industri lain yang berkenaan dengan pembudidayaan jamur tersebut.

GAGASAN

Lignin merupakan senyawa fenilpropanoid bestruktur tiga dimensi derivat dari sinafil, coniferil, dan p-kumaril alkohol (Perez *et al.* 2002) yang sukar dirombak atau rekalsitran karena strukturnya heterogen dan kompleks. Lignin berhubungan dengan ikatan yang berbeda (Perez *et al.* 2002) dan terkonsentrasi pada lamela tengah dan lapisan S₂ dinding sel yang terbentuk selama lignifikasi jaringan tanaman (Chahal dan Chahal, 1998; Steffen, 2003). Tumbuhan tersusun oleh lignin sebesar 30% sehingga memberikan kekuatan pada kayu terhadap serangan mikroorganisme (Orth *et al.* 1993). Jumlah lignin terkandung dalam serat kayu sangat mempengaruhi kualitas dan kuantitas proses *pulping*. Kehadiran lignin saat proses ini menjadi masalah dan perlu suatu cara mendegradasinya.

Banyak cara mendegradasi lignin atau delignifikasi misalnya dalam *chemical pulping* terutama proses sulfat. Proses sulfat ini memang banyak digunakan di Indonesia karena toleran terhadap semua kayu baik kayu daun jarum dan daun lebar. Meskipun demikian, proses ini berdampak negatif pada apathal tersebut berlangsung secara terus-menerus akan mengancam kelangsungan hidup organisme. Selain proses sulfat, ada proses yang lebih ramah lingkungan yaitu biodelignifikasi menggunakan jamur subdivisi Basidiomycetes. Cendawan tersebut di antaranya *Phanerochaete chrysosporium* spesies *white rot-fungi* yang dapat menghasilkan enzim ekstraseluler laktase, MnP, dan LiP (Bajpai, 1999) yang berperan dalam pelapukan kayu, delignifikasi, dan bioremediasi. Jenis lain adalah jamur *Melanotus* sp. yang mempunyai enzim ligninase sebagai pendegradasi lignin (Nunik, 2008).

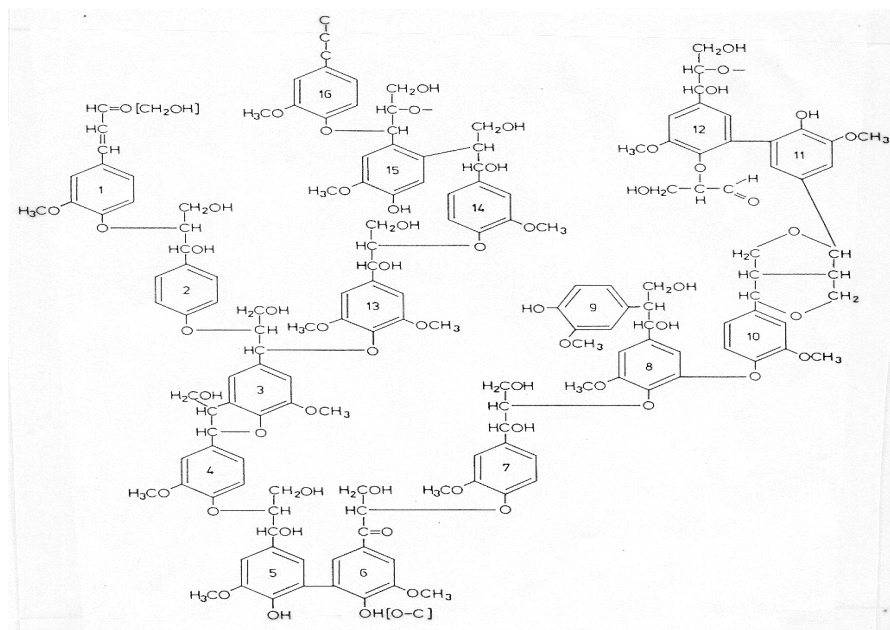
Cendawan *Melanotus* sp. dapat tumbuh pada media ligninase dan berpotensi sebagai jamur pendegradasi lignin. Terbukti dengan munculnya *clearing zone* waktu pengujian aktivitas enzimatik secara kualitatif yang dilakukan dengan inokulasi jamur tersebut pada media ligninase padat dan cair (Nunik, 2008). *Phanerochaete chrysosporium* merupakan jamur yang paling banyak dipelajari dari ribuan jamur lignolitik (Howard *et al.*, 2003). Keadaan lignolitik merupakan keadaan jamur saat mengeluarkan enzim peroksidase untuk delignifikasi. Kemampuan *Phanerochaete chrysosporium* dalam delignifikasi bermanfaat dalam biokonversi lignoselulosa (Johjima, 1999). *Phanerochaete chrysosporium* lebih efisien tige kali atau lebih dibandingkan *Polyporus ostreiformis* dalam mendegradasi lignin (Dey, 1984). Percobaan Dey dilakukan dengan menginkubasi jerami yang direndam dalam medium Tien dan Kirk (Krik, 1984).

Kedua kapang tersebut mendegradasi lignin lebih cepat dan ekstensif dibandingkan mikroorganisme lainnya. Substrat cendawan *Melanotus* sp. hanya berupa lignin yang akan didegradasi menjadi glukosa, sedangkan *Phanerochaete chrysosporium* adalah selulosa, hemiselulosa, dan degradasi lignin yang terjadi pada akhir pertumbuhan primer melalui metabolisme sekunder dalam kondisi defisiensi nutrien seperti nitrogen, karbon atau sulfur (Hatakka, 2001). Kapang tersebut bersifat selektif karena memiliki kemampuan mendegradasi lignin dan

hemiselulosa lebih banyak dibandingkan selulosa (Rayner dan Boddy, 1988; Blanchette, 1995; Hatakka, 2001). Serangan kapang merupakan proses oksidatif dan tidak spesifik dengan mereduksi kandungan metoksi, fenolik, dan alifatik lignin. Selain itu memecah cincin aromatik dan membentuk karbonil baru (Kirk dan Farrel, 1987; Hatakka, 2001).

Jamur Pendegradasi Lignin

Bubur kertas atau *pulp* merupakan bahan baku utama dalam proses *pulping*. Kandungan bubur kertas dengan bahan baku kayu di antaranya selulosa dan hemiselulosa (holoselulosa), lignin dan zat ekstraktif, serta mineral. Padahal pembuatan kertas sangat membutuhkan selulosa dan hemiselulosa, sedangkan lignin tidak digunakan dan perlu didegradasi. Degradasi lignin memang sulit dilakukan karena bersifat *recalcitrant* yang dipengaruhi oleh struktur kompleks dan heterogen lignin. Delignifikasi atau degradasi lignin harus dilakukan karena lignin akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas kertas yang dihasilkan. Industri kertas di Indonesia telah banyak menggunakan proses *chemical pulping*. Pembuatan kertas secara kimia dilakukan dengan tujuan mendegradasi lignin pada bubur kertas atau *pulp*.



Gambar 1. Struktur kompleks lignin

Kemampuan kedua cendawan tersebut membuka peluang besar bagi industri kertas di Indonesia. Penerapannya memang membutuhkan waktu yang lama karena proses degradasi ligninnya yang panjang dan rumit. Akan tetapi, dibutuhkan nutrisi tertentu atau substansi tertentu untuk mempercepat biodelignifikasi. Usaha tersebut merupakan wujud kecintaan terhadap lingkungan. Selain digunakan dalam industri *pulp*, jamur tersebut dapat diaplikasikan dalam bioremediasi, biokonkonversi lignin, biodegradasi polutan, desulfurisasi minyak

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

bumi dan batu bara, dan *biobleaching* di industri *pulp*. Penerapan biodelignifikasi dengan jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* di industri kertas Indonesia membutuhkan dukungan dari berbagai pihak termasuk pemerintah, tenaga ahli, dan masyarakat. Membutuhkan waktu lama juga dan proses panjang sehingga proses ini dapat diterapkan karena menyangkut kelangsungan makhluk hidup.

Salah satu proses kimia yang telah banyak diaplikasikan adalah proses sulfat atau KRAFT. Kelebihan proses sulfat di antaranya menghasilkan *pulp* dengan kekuatan tinggi, toleran terhadap semua baku baik kayu daun jarum dan daun lebar yang mengandung lignin dan ekstraktif tinggi atau bahan berlignoselulsa lainnya, dan waktu pemasakan *pulp* yang singkat. Proses ini menggunakan bahan kimia berupa NaOH + Na₂S akibatnya proses ini menghasilkan banyak polusi udara dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Selain itu, kekurangan proses ini adalah investasi yang tinggi dan rendemen kertas yang rendah.

Biopulping adalah alternatif lain untuk menggantikan proses sulfat yang tidak ramah lingkungan. Alternatif terbaru yang belum banyak diterapkan di dunia adalah *biopulping*. Mekanisme proses tersebut adalah biodelignifikasi dengan menggunakan organisme tertentu seperti cendawan, bakteri, dan serangga. Lignin dijadikan substrat oleh cendawan dalam memperoleh makanan. Biodelignifikasi dengan jamur sangat sesuai untuk diterapkan di Indonesia karena jamur biasanya hidup di daerah iklim hujan tropis atau lembab.

Spesies cendawan yang mampu mendegradasi lignin biasanya dari subdivisi Basidiomycetes dan Ascomycetes. Subdivisi tersebut dapat dikelompokkan menjadi *white rot-fungi*, *brown rot-fungi*, dan *soft rot-fungi*. Spesies kapang *white rot-fungi* memang sudah terkenal sebagai biodelignifikasi adalah *Phanerochaete chrysosporium*. Selain itu *Melanotus* sp. juga memiliki potensi tinggi dalam mendegradasi lignin. Kedua jenis cendawan tersebut dapat diaplikasikan dalam *biopulping* yang ramah lingkungan karena potensinya mendegradasi lignin secara aman terhadap lingkungan. Klasifikasi cendawan dapat dilihat *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* di bawah ini :



Gambar 2. Kapang *Melanotus* sp.



Gambar 3. Jamur *Phanerochaete* sp.

Kingdom	: Fungi	Kingdom	: Fungi
Divisi	: Basidiomycota	Filum	: Basidiomycota
Subdivisi	: Agaricomycotina	Kelas	: Basidiomycetes
Kelas	: Agaricomycetes	Subkelas	: Agaricomycetidae
Ordo	: Agaricales	Ordo	: Polyporales
Famili	: Tricholomataceae	Famili	: Phanerochaeteceae
Genus	: Melanotus	Genus	: Phanerochaete
Spesies	: <i>Melanotus</i> sp.	Spesies	: <i>Phanerochaete</i> sp.

Biodelignifikasi oleh *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium*

Jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* merupakan jamur pendegradasi lignin pada kayu. Kedua jamur tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam degradasi senyawa komponen dalam tumbuhan. Pada tumbuhan tertentu terdapat substrat yang sangat dibutuhkan oleh kedua jamur tersebut. Jamur *Melanotus* sp. telah terbukti hanya dapat mendegradasi lignin, sedangkan cendawan pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium* mampu mendegradasi lignin dan selulosa. Karakter spesifik kedua jamur tersebut dapat dimanfaatkan oleh sebagian orang untuk proses biopulping dan biobleaching, bioremediasi, biokonversi lignin, dan lain sebagainya. Meskipun banyak manfaat potensial dari kedua jamur tersebut, tetapi belum banyak industri-industri di Indonesia menggunakannya dalam peningkatan nilai produksi dan usaha pengurangan polusi lingkungan.

Kemampuan *Melanotus* sp. dalam degradasi lignin terbukti dengan terbentuknya *clearing zone* atau zona bening dan penurunan konsentrasi indikator Poly R-478 pada media tumbuh. Isolat-isolat jamur *Melanotus* sp. ditumbuhkan di media MEA (*Malt Extract Agar*) dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu 28 °C. Setelah tumbuh kemudian jamur tersebut diinokulasi pada media ligninase padat dan cair. Selama beberapa minggu akan terlihat *clearing zone* pada media tersebut. Zona bening merupakan indikasi awal bahwa *Melanotus* sp. berpotensi mendegradasi lignin. Sedangkan penurunan konsentrasi indikator Poly R-478 mengindikasikan terjadinya perombakan senyawa lignin menjadi senyawa-senyawa sederhana seperti glukosa. Selain kemampuannya mendegradasi lignin kemungkinan jamur tersebut mampu mensintesis enzim perombak lignin. Potensi jamur *Melanotus* sp. inilah yang akan memberikan prospek cerah bagi industri kertas di Indonesia untuk menerapkannya dalam *biopulping*.

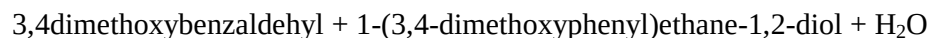
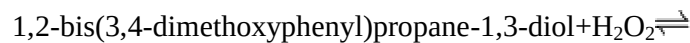
Tabel 1. Pengujian 10 isolat jamur pada media ligoselulase padat

Isolat	Zona Bening atau “Claraing Zone”			
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
<i>Polyporus</i> sp.	-	-	-	-
<i>Marasmius</i> sp.	-	-	-	-
<i>Tubaria</i> sp.	-	-	-	-
<i>Gymnopilus dilepis</i>	-	-	-	-
<i>Lycoperdon</i> sp.	-	-	-	-
<i>Melanotus</i> sp.	+	++	+++	+++++
<i>Pleurotus djamor</i>	-	-	-	-
<i>Tyromyces</i> sp.	-	-	-	-
<i>Agrocybe</i> sp.	-	-	-	-
<i>Lentinus connatus</i>	-	-	-	-

Sumber : Nunik Sulistinah, 2008

Jenis jamur lainnya adalah *Phanerochaete chrysosporium* yang menghasilkan dua enzim lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP) aktif dalam mendegradasi lignin. Biodegradasi terjadi jika jamur pelapuk putih menghasilkan enzim degradasi lignin ekstraseluler yaitu kedua enzim di atas, keadaan ini dinamakan keadaan ligninolitik. Enzim tersebut dapat mengkatalisis oksidasi senyawa aromatik. Selain mendegradasi lignin jamur tersebut memiliki enzim hidrolitik dapat mendegradasi selulosa dan hemiselulosa atau substrat spesifik. Padahal dalam proses *biopulping* yang dibutuhkan hanya selulosa dan hemiselulosa sedangkan lignin harus dihilangkan. Meskipun begitu, delignifikasi selulosa oleh kapang pelapuk putih tersebut relatif lebih kecil dibandingkan degradasi lignin karena selulosa biasanya dikelilingi lignin sehingga ligninlah yang terlebih dahulu teruraikan. Oleh karena itu untuk mengurangi laju degradasi selulosa dan hemiselulosa adalah dengan penambahan nutrisi berupa glukosa. Penambahan nutrisi juga bermanfaat sebagai pemercepat laju degradasi lignin.

Degradasi lignin oleh kapang pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium* menggunakan katalis utama yakni enzim LiP yang mampu memecah senyawa nonfenolik penyusun terbesar lignin.



Enzim MnP mengoksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{3+} yang berperan dalam pemutusan unit fenolik lignin. kedua enzim peroksidase tersebut akan dioksidasi H_2O_2 untuk

membentuk zat antara. Kemudian zat tersebut direduksi oleh satu elektron membentuk zat kedua yang bersifat radikal. Selanjutnya zat kedua mengoksidasi substrat kedua dengan satu elektron sampai siklus lengkap.

Tabel 2. Enzim ligninolitik yang dihasilkan *white-rot fungi*

Enzim	Tipe Enzim	Peran dalam Degradasi	Kerja Bersama dengan
LiP (EC 1.11 1.114)	Peroksidase	Degradasi unit non-fenolik	H ₂ O ₂
MnP (EC 1.11 1.14)	Peroksidase	Degradasi unit non-fenolik dan fenolik dengan lipid	H ₂ O ₂ , lipid
Laccase (EC 1.10.3.2)	Fenol Oksidase	Oksidase unit fenolik dan non-fenolik dengan mediator	O ₂ , mediator: 3-hidroxybenzotriazole
Lain-lain	Oksidase penghasil H ₂ O ₂	Produksi H ₂ O ₂	Peroksidase

Sumber : Suparjo, 2008

Biopulping dengan *Melanotus sp.* dan *Phanerochaete chrysosporium*

Biopulping merupakan salah satu proses pembuatan kertas dengan menggunakan organisme tertentu. Pemanfaatan organisme tersebut bertujuan untuk mendegradasi komponen atau senyawa yang tidak diperlukan dalam pembuatan kertas. Organisme tersebut efektif dalam mendegradasi senyawa tersebut adalah jamur atau fungi. Terbukti bahwa cendawan *Melanotus sp.* dan *Phanerochaete chrysosporium* sangat efektif dalam mendegradasi lignin.

Proses *pulping* yang banyak menggunakan bahan baku bubur kertas dari kayu sering membutuhkan bantuan bahan kimia pemasak untuk mendegradasi lignin. Proses tersebut terlalu berisiko bagi lingkungan karena itu alternatif lain adalah dengan memanfaatkan *Melanotus sp.* dan *Phanerochaete chrysosporium*. Kemampuannya mendegradasi lignin memang sangat potensial untuk di berbagai industri kertas Indonesia. Kelemahan kedua jamur tersebut adalah proses degradasi bubur kertas yang lama. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mereduksi waktu proses *pulping* tersebut. Penambahan substrat berupa selulosa memang solusi yang banyak dinilai tidak efektif, akan tetapi dibutuhkan setidaknya waktu yang sama seperti proses *pulping* kimia hanya sekitar 4-5 jam untuk mendegradasi lignin atau dalam waktu singkat 3 hari. Penambahan substansi dan hormon tertentu kemungkinan besar lebih efektif daripada penambahan substrat berupa selulosa.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kedua jamur di atas dapat diterapkan dalam proses *pulping* sebelum tahapan pemasakan *chips*. Jamur tersebut diboarkan untuk tumbuh pada kayu untuk mendegradasi lignin. Kemudian setelah beberapa hari, *chips* atau potongan kecil kayu dapat dibawa dengan konveyor ke bejana pemasak atau *digester* untuk dimasak. Pemasakan dapat dilakukan dengan beberapa cara dan tahap misalnya pengukusan atau *presteamed*, kemudian baru dipanaskan dengan *steam* di *steaming vessel*. Setelah pemasakan tersebut kemudian bubur kertas dapat dicuci dengan tujuan memisahkan cairan sisa hasil pemasakan. Setelah proses *pulping* adalah proses *bleaching*. Jamur yang telah didegradasi kandungan ligninnya dapat dilakukan pemutihan kertas. Pemutihan kertas atau *bleaching* pun dapat menggunakan kembali jamur tersebut sebagai pendegradasi lignin yang masih tersisa setelah pemasakan. Penerapan proses *pulping* dan *bleaching* dengan memanfaatkan kedua cendawan tersebut diterapkan secara otomatis industri kertas tidak perlu membeli bahan kimia pemasak dan pemutih.

Penerapan *Biopulping* Jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium*

Biopulping dengan jamur sedikit atau belum ada sama sekali penerapannya di industri kertas Indonesia. Indonesia sebaiknya juga banyak meniru negara maju yang telah banyak memanfaatkan jamur sebagai biodelignifikasi dalam *pulping*. Terlepas dari semua hal tersebut, jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* akan banyak menyumbang kontribusi penuh dalam industri kertas Indonesia. Oleh karena itu, ada baiknya penerapan jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* mulai sekarang diterapkan di industri kertas Indonesia.

Kemampuan kedua cendawan tersebut membuka peluang besar bagi industri kertas di Indonesia. Penerapannya memang membutuhkan waktu yang lama karena proses degradasi ligninnya yang panjang dan rumit. Akan tetapi, dibutuhkan nutrisi tertentu atau substansi tertentu untuk mempercepat biodelignifikasi. Pemanfaatan jamur sebagai substitusi proses kimia merupakan wujud kecintaan terhadap lingkungan. Selain digunakan dalam industri *pulp*, jamur tersebut dapat diaplikasikan dalam bioremediasi, biokonkonversi lignin, biodegradasi polutan, desulfurisasi minyak bumi dan batu bara, dan *biobleaching* di industri *pulp*. Penerapan biodelignifikasi dengan jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* di industri kertas Indonesia membutuhkan dukungan dari berbagai pihak termasuk pemerintah, tenaga ahli, dan masyarakat.

Peneliti perlu mengembangkan cara lain untuk mengatasi kelemahan kedua jamur tersebut. Pemerintah sebaiknya ikut memberikan kontribusi penuh dalam menerapkan jamur tersebut di industri kertas, dengan cara membuat undang-undang menyangkut kelestarian lingkungan dari pencemaran berkaitan dengan pembuatan kertas. Masyarakat juga dituntut dapat memilah mana yang baik bagi lingkungan atau tidak, sehingga industri kertas di Indonesia akan mempertimbangkan usahanya untuk mengganti proses kimia dengan *biopulping*.

KESIMPULAN

Kemampuan cendawan *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* menjadi alternatif biodelignifikasi. Degradasi lignin menggunakan cendawan tersebut terbukti efektif dan efisien untuk diterapkan di industri kertas Indonesia. Keunggulan dalam delignifikasi dalam *pulp* akan memberikan keuntungan bagi industri kertas yakni rendemen kertas yang dihasilkan tinggi dan proses ini lebih ramah lingkungan. Proses *pulping* yang tidak ramah lingkungan terutama proses sulfat, sehingga kedudukannya dapat digantikan dengan *biopulping* dengan jamur. Selain dapat diterapkan dalam *biopulping*, jamur tersebut dapat diterapkan dalam *biobleaching*, bioremediasi, biodegradasi polutan, dan desulfurisasi minyak bumi dan batu bara.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanchette R.A. 1995. degradation of lignocellulose complex in wood. *Can J Bot. Can J Bot*, 73 (Suppl. 1): S999-S1010.
- Dey, S., Maiti, T.K., and Bhattacharyya, B.C. 1994. Production of extracellular enzymes by a lignin peroxidase-producing brown rot fungus, *Polyporus ostreiformis*, and its comparative abilities for lignin degradation and dye decolorization. *Applied and Environmental Microbiology*, 60 : 4216-4218.
- Dozoretz, C.G., N. Rothschild, and M. Tien. 1993. Ubiquity of lignin peroxidase among various wood-degradation fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 59 (6) : 1919-1926.
- Fadilah, *et al.* 2008. Bidelignifikasi batang jagung dengan jamur pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium*. WWW Jbiol (terhubung berkala) <http://jamurpendegradasiligin.com/artikel02/vol7/> (08 Februari 2011).
- Hatakka A. 1994. Lignin modifying enzymes from selected white rot fungi: production and role in lignin degradation. *FEMS Microbiol. Rev.*, 13:125-135.
- Howard, R.T. *et al.* 2003a. Lignocellulose biotechnology: issue of bioconservation and enzyme production. *African Journal of Biotechnology*, 2: 602-619.
- _____. 2003b. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconservation and enzyme production. *African Journal of Biotechnology*, 2(12) : 602-619.
- Johjima, T. *et al.* 1999. Direct interaction of lignin and lignin peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96:1989-1994.
- Kirk, T.K. and M. Tien. 1988. Lignin peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*. *Methods in Enzymology*, 161:138-249.
- Orth, A.B., DJ, Royse, and M.Tien.1993. Ubiquity of lignin peroxidase among various wood-degradation fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(12): 4017-4023.
- Steffen, K.T. 2003. *Degradation of recalcitrant biopolymers and polycyclic aromatic hydrocarbons by litter decomposing basidiomycetous fungi*. [desertasi]. Helsinki : Division of Microbiology Departement of Applied Chemistry and Microbiology Viikki Biocenter, university of Helsinki.
- Sulistinah, Nnunik. Potensi *Melanotus* sp. dalam degradasi lignin. WWW Jbiol (terhubung berkala) <http://www.jurnalbiologiXII.com/> (08 Februari 2011).

Suparjo. 2008. Degradasi komponen lignoselulosa oleh kapang pelapuk putih. WWW Jbiol (terhubung berkala) [http://www.jajo66.wordpress.com./](http://www.jajo66.wordpress.com/) (08 Februari 2011).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

1. Ketua

Nama Lengkap : Mawardi Kartasasmita
TTL : Jakarta, 6 Juli 1992
Pendidikan : Mahasiswa Departemen Teknologi Industri Pertanian,
Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB)
Tahun masuk/semester: 2010 / II
Agama : Islam
Alamat Sekarang : Asrama Putra TPB IPB, kamar No.11 C1.
Alamat Asal : Jalan Utan Kayu No. 78A RT. 05 RW. 01, Jakarta Timur.
Hobby : Menulis dan Membaca
No. Handphone : 085780744520
Email : mawardi_k1992@yahoo.co.id

Karya Tulis

- “Water Electric System” Pembangkit Listrik Tenaga Arus Sungai.
- Peran Serta Mahasiswa Pertanian Untuk Kemajuan Industri Pangan dan Pertanian Indonesia dalam Arus Globalisasi.
- “PESELING” (Perpustakaan Sepeda Keliling) Sebagai Sarana Meningkatkan Minat Baca Usia Dini dan Remaja di RW 12 Desa Balumbang Jaya.
- *Green Art Technology* : Upaya Pemanfaatan Limbah Anorganik Sebagai Pegganti Kompresor Hemat Energi.

Prestasi

- Finalis *Indonesian Science Project Olimpiad* (ISPO) 2009 bidang Rekayasa Teknologi perwakilan DKI Jakarta.
- Juara 1 Lomba Cerdas Cermat Se SMA Negeri 31 Jakarta.
- Putra Terbaik dalam acara *New Technology and Observation* (NEWTON) SMA Negeri 31.
- Narasumber dalam acara *Perkenalan Riset dan Karya Ilmiah* Fosca DKI Jakarta dalam bidang Rekayasa Teknologi.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Narasumber BAHANA FM RISTEK dalam acara Perkenalan Rekayasa Teknologi “*Water Electric System*: Pembangkit Listrik Tenaga Arus Sungai”.
- Finalis Olimpiade Sains Nasional bidang Fisika Jakarta Timur.
- Juara 1 Lomba Essay Ilmiah PPKI Forces Institut Pertanian Bogor.
- Karya Tulis Terbaik dalam Best and Rise Forces Institut Pertanian Bogor.

Ketua

Mawardi Kartasasmita
F34100075

2. Anggota

Nama Lengkap : Achmad Solikhin
TTL : Jepara, 19 Januari 1991
Pendidikan : Mahasiswa Departemen Hasil Hutan, Fakultas
Kehutanan, Institut Pertanian Bogor (IPB)
Tahun masuk/semester: 2009 / IV
Agama : Islam
Alamat Sekarang : Gang Masjid Jami’ Al-Wustho RT 02/08 No.93 Babakan
Tengah, Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat.
Alamat Asal : Jalan H. Karmani RT 03/1 Jambu Barat, Jepara, Jawa Tengah.
Hobby : Membaca Puisi, Berkebun, Membaca, dan Meneliti
No. Handphone : 082133292991
Email : moslemtttlovemom@gmail.com

Karya Tulis

- Pengembangan Masyarakat Pedesaan Berbasis Teknologi Informasi dan Komputer di Indonesia.
- Pemanfaatan Lerak (*Sapindus rarak* DC.) sebagai Sabun Nabati Ramah Lingkungan.
- Potensi Jamur *Melanotus* sp. dan *Phanerochaete chrysosporium* sebagai Biodelignifikasi Ramah Lingkungan dalam Proses *Pulping*.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Diversifikasi Pangan dari Hama Hutan : Rayap Kayu Basah (*Glyptotermes montanus* Kemner) sebagai Alternatif Pangan Pasca Bencana di Indonesia.
- Kepompong Ulat Daun Jati (*Hyblaea puera* Cr.) sebagai Biskuit Berprotein Tinggi untuk Peningkatan Gizi Masyarakat.

Prestasi

:

- Juara III Lomba Cerdas Cermat PMP dan IPS
- Finalis Olimpiade Biologi tingkat Kabupaten Jepara tahun 2008
- Juara II Lomba Fisika-Biologi SMP 2 Jepara tahun 2005
- Juara II Lomba Baca Al-Quran dan Sari Tilawah tahun 2005
- Finalis Lomba Baca Puisi Memperebutkan Piala Bupati Jepara tahun 2008
- Penerima Beasiswa PPA IPB

Anggota

Achmad Solikhin
E24090040

Anggota

Nama Lengkap : Mujtahid Alfajri
TTL : Blora, 27 Mei 1991

Pendidikan : Mahasiswa Teknologi Industri Pertanian, Fakultas
Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB)

Tahun masuk/semester: 2009 / IV

Agama : Islam

Alamat Sekarang : Asrama KAMMI Chapter IPB, Jalan Babakan Tengah No. 3
Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat. 11616

Alamat Asal : Jalan Gatot Subroto No. 89 B Blora, Jawa Tengah.

Hobby : Design Grafis, Travelling, Blogging

No. Handphone : 085225722725

Email : mujtahid.alfajri@gmail.com



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Karya Tulis

- Mahligai Rumah Tangga Bahagia dan Sejahtera.
- Donata : Dodol Antioksidan Alami Dari Buah Kawista (*Feronia Limonia*) Sebagai Solusi Preventif Penyakit Kanker Bagi Masyarakat Menengah Ke Bawah
- Pemanfaatan Rumput Laut *Gracilaria sp.* sebagai Bahan Pembuatan Kertas Ramah Lingkungan.
- Pemanfaatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat Jarak Pagar sebagai Deterjen Dengan Daya Bersih Tinggi, *Renewable*, dan *Biodegradable*

Prestasi

- Juara III Lomba Kaligrafi se-SMP Kabupaten Blora tahun 2006
- Finalis Olimpiade Biologi tingkat Kabupaten Blora tahun 2007
- Juara II Lomba Poster se-IPB tahun 2009
- Juara III Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan (LITL) ITS tingkat Nasional tahun 2010
- Penerima Dana Insentif PKM-GT tahun 2010.

Anggota

Mujtahid Alfajri

F34090063



3. Dosen Pembimbing

Nama Lengkap : Naresworo Nugroho
TTL : Yogyakarta, 22 Januari 1965
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Menikah
Alamat : Jalan Beringin V Blok b5/No.7 Taman Pagelaran Ciomas, Bogor 16610, Indonesia
No. Telepon : +62 251 8635541 HP : 08121100132
Email : naresworo@yahoo.com
nares@ipb.ac.id

Judul Penelitian :

- Pengembangan *Prototype* Rumah Tahan Gempa Untuk Daerah Bencana
- Pengembangan Papan Komposit dari Serbuk Kayu dan Plastik Daur Ulang Sebagai Bahan Bangunan
- Pengembangan Produk Panel sandwich dari Bambu
- Penyusun Standaridisasi Kayu Konstruksi Indonesia : Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (Revisi PKKI NI-5)
- Penyusun Petunjuk Teknis Pemanfaatan Bambu Sebagai Bahan Konstruksi Pembuatan Rumah
- Penyusun Pola pengembangan Industri Pengelolahan dan Pemasaran Hasil Hutan
- Penetian Perolehan Patent : Mesin Pemilah Kayu Kontruksi
- Development of Structural Composite Lumber Made from Bamboo
- Utilization of Indonesian Wood for Light Aircraft Construction Material
- Utilization of Indonesian Wood fo Cooling Tower Construction Material

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Naresworo Nugroho M
NIP.19650122 198903 1 002