

BIODELIGNIFIKASI BATANG JAGUNG DENGAN JAMUR PELAPUK PUTIH *Phanerochaete chrysosporium*

Fadilah, Sperisa Distantina, Enny Kriswiyanti Artati, dan Arif Jumari

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS, Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta

Email : fadil_am@uns.ac.id

Abstract : *The crisis of energy and enviromental problems has led the inovation of the paper manufacturing process that enviromental- friendly and energy saving. Biological systems can be used for this purposed. The most commonly utilized fungus is the white-rot fungus Phanerochaete chrysosporium. The goal of this research is to determine the lignin degradation in the corn stalk using Phanerochaete chrysosporium. Dried corn stalk with 40 mesh size was soaked in the medium culture, adding with glucose and the pH was adjust at 4. These corn stalk were then sterilized in the autoclaf at 121 °C. Inoculation was done by adding 5 mL fungus suspension. Six flask containing the stalk were placed in the incubator at 38 °C. The culture then incubated for 30 days. The lignin and cellulose content were analyzed every 5 days. A control withrout adding fungus was treated with same condition. The results show that the longer incubation time, the lower lignin content. At 30 days incubation, 81,4% of lignin degradation were achieved. The degradation of lignin occured together with degradation of cellulose but the degradation of cellulose is less then the lignin. At 30 days incubation, 22,3% of cellulose degradation were achieved.*

Keywords : *Biodelignification, white rot fungus, corn stalk*

PENDAHULUAN

Industri kertas di Indonesia jarang yang mempunyai proses pulping sendiri. Kebanyakan industri mendatangkan pulp dari luar negeri. Hal ini disebabkan besarnya ongkos produksi pulp kertas. Dalam industri kertas yang mengolah pulp secara kimia, harus tersedia unit pengolah limbah, di mana biaya dalam mengolah limbah pulp kertas sangat mahal, hampir 20% dari investasi harus disediakan.

Ini tentunya sangat bertolak belakang dengan kenyataan bahwa negara Indonesia adalah negara yang kaya akan bahan pertanian dan hasil hutan. Semua tanaman berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan pulp, karena mengandung selulosa yang dapat dijadikan pulp. Untuk mendapatkan pulp, selulosa harus dipisahkan dari zat pengikatnya yaitu lignin (delignifikasi) yang dikenal pula sebagai proses pulping.

Krisis enegi dan lingkungan mendorong pengembangan teknologi kertas yang ramah lingkungan dan hemat energi. Perlu dilakukan penggunaan sumber daya alam yang efisien dan penemuan alternatif penggunaan bahan yang terbarukan ataupun bahan sisa / buangan. Banyak bagian tanaman yang terbuang setelah dilakukan panen. Salah satunya adalah batang jagung. Batang ini masih mengandung selulosa yang mungkin dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp.

Penggunaan teknologi yang ramah lingkungan antara lain dengan menggunakan sistem biologi, yang mengambil keuntungan dari kemampuan alamiah suatu organisme dalam melepaskan serat selulosa dari lignin (biodelignifikasi). Sejumlah jamur pelapuk putih telah dicoba kemampuannya dalam mendegradasi lignin. Salah satu jamur yang sering digunakan adalah *Phanerochaete chrysosporium*. Pada penelitian ini akan dilakukan proses biodelignifikasi batang jagung dengan menggunakan jamur pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium*.

Dalam proses pulping cara biodelignifikasi, banyak faktor yang berpengaruh terhadap pulp yang dihasilkan. Walaupun biodelignifikasi merupakan suatu proses yang sederhana, tetapi beberapa faktor perlu diperhatikan. Faktor tersebut antara lain spesies jamur yang digunakan, ukuran dan bentuk inokulum, spesies bahan yang diolah, perlakuan awal bahan, waktu inkubasi, aerasi, dan nutrisi.

Dalam proses biodelignifikasi batang jagung dengan jamur *Phanerochaete chrysosporium*, masalah yang dihadapi adalah seberapa besar lignin dapat didegradasi oleh jamur dengan penambahan penambahan nutrisi serta berbagai mineral tertentu.

LANDASAN TEORI

Secara umum, semua proses pulping adalah memisahkan serat-serat kayu dari

ikatan kompleksnya saat masih terikat satu dengan yang lainnya. Dari semua bagian kayu, selulosa merupakan bagian yang diinginkan tertinggal sebagai pulp untuk produksi kertas, sedangkan bagian yang tidak diinginkan berada dalam pulp adalah lignin. Lignin merupakan suatu makromolekul kompleks, suatu polimer aromatik alami yang bercabang – cabang dan mempunyai struktur tiga dimensi yang terbuat dari fenil propanoid yang saling terhubung dengan ikatan yang bervariasi. Lignin membentuk matriks yang mengelilingi selulosa dan hemiselulosa, penyedia kekuatan pohon dan pelindung dari biodegradasi.

Suatu sistem biologi dapat melepaskan serat selulosa dari matriks lignin dengan mengambil keuntungan dari kemampuan alamiah suatu organisme. Jamur pelapuk putih ini lebih cenderung mendegradasi lignin dibanding serat kayu, hal ini yang dipilih sebagai perlakuan biologis untuk pulpings kayu atau disebut sebagai biopulping.

Jamur *Phanerochaete chrysosporium* merupakan jamur pelapuk putih yang ada pada kayu. Jamur ini menghasilkan enzim ekstraseluler LiP, MnP, dan Lakase (Bajpai, 1999). Enzim yang dihasilkan ini berperan dalam pelapukan kayu, pendegradasi sampah, serta lignin. *P. chrysosporium* mempunyai suhu pertumbuhan optimum 40 °C, pH 4-7, dan aerob. Dibandingkan dengan lainnya, jamur pelapuk putih merupakan jenis yang paling aktif mendegradasi lignin dan menyebabkan warna kayu lebih muda. Jamur pelapuk putih memerlukan sumber karbon sebagai energi tamnahan atau nutrisinya adar kandungan polisakarida dalam kayu tidak didegradasi.

Kalsifikasi jamur *P. Chrysosporium* :

Divisi : Eumycota
 SubDivisi : Basidiomycotania
 Class : Hymonmycetes
 Sub Class : Holobasidiomycetidae
 Genus : Sporotrichum
 (Phanerochaete)
 Spesies : Chrysosporium

Dari ribuan jamur yang diketahui mempunyai kemampuan ligninolitik, *Phanerochaete chrysosporium* merupakan jamur yang paling banyak dipelajari (Howard, et. Al, 2003). Keadaan ligninolitik adalah keadaan di mana jamur mengeluarkan enzim yang dapat mendegradasi lignin. Pada jamur pelapuk putih, enzim yang dikeluarkan adalah enzim peroksidase. *Phanerochaete chrysosporium* mengeluarkan enzim heme peroksidase, yaitu lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP). Jamur ini telah dipertimbangkan dalam produksi enzim untuk

degradasi lignin dalam penerapan proses biokonversi lignoselulosa. (Johjima, 1999)

Menurut Dey, S. (1984) *Phanerochaete chrysosporium* lebih efisien tiga kali atau lebih dibandingkan dengan *Polyporus ostreiformis* dalam mendegradasi lignin. Percobaan Dey ini dilakukan dengan menginkubasi jerami yang direndam dalam medium Tien dan Kirk (Kirk,1984). Dilakukan penambahan glukosa untuk tambahan nutrisi bagi jamur. Inkubasi dilakukan selama tiga minggu pada suhu 38 °C pada kelembaban 90 %

Rolz, C., et.al. (1986), mempelajari biodelignifikasi rumput lemon dan bagas sitronela dengan menggunakan dua belas jenis jamur putih. Proses dilakukan dengan tanpa penambahan mineral. Selama 5 – 6 minggu inkubasi yang dilakukan pada suhu kamar diperoleh hasil yang berbeda-beda pada penggunaan jamur yang berbeda dan untuk bahan yang berbeda pula. Semua jamur menunjukkan aktivitas lignolitik, menghasilkan enzim untuk mendegradasi lignin. Dari kedua belas jamur tersebut, *Bondarzewia berkelenyi* merupakan jamur yang paling efektif, *Phanerochaete chrysosporium* menempati urutan keempat setelah *Coriolus versicolor* dan *Pleurotus flabellatus*.

Untuk rumput lemon dengan menggunakan *Phanerochaete chrysosporium* diperoleh kehilangan lignin sebesar 40,90% sedangkan untuk bagas sitronela sebesar 32,02 %. Hilangnya lignin oleh jamur diikuti pula dengan hilangnya hemiselulosa dan selulosa. Untuk rumput lemon, hemiselulosa yang hilang sebesar 15,76 % sedangkan untuk bagas sitronela adalah sebesar 18,11%. Diperoleh juga bahwa jamur ini cenderung lebih banyak menguraikan hemiselulosa dibandingkan dengan selulosa. Perbandingan hilangnya hemiselulosa terhadap selulosa adalah sebesar 1,48 untuk rumput lemon dan sebesar 1,72 untuk bagas sitronela.

Belewu, M.A. (2006) mempelajari inkubasi jamur *Pleurotus sajor caju* dalam media serbuk gergaji dan sisa kapas menemukan bahwa untuk 60 hari inkubasi kandungan lignin dalam serbuk gergaji berkurang dari 44,36% menjadi 25,53%, sedangkan dalam sisa kapas berkurang dari 20% menjadi 14,2%. Pengurangan kandungan selulosa juga terjadi namun jumlah pengurangannya lebih kecil, yaitu dari kandungan 31,99% menjadi 30,89% untuk serbuk gergaji dan dari kandungan 23,72 menjadi 21,58% untuk sisa kapas. Hal ini menunjukkan bahwa jamur lebih cenderung

untuk menguraikan lignin dibandingkan dengan hemiselulosa maupun selulosa.

Widjaya, mempelajari biodelignifikasi kayu sengon dan kayu pinus dengan menggunakan jamur pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium*. Digunakan agar dan okara sebagai media dasar untuk inokulasi. Selama 30 hari inkubasi, degradasi lignin pada sengon dengan menggunakan okara yang diperkaya dengan media nitrogen terbatas mencapai 55%.

Keadaan ligninolitik dapat didorong dengan penyediaan nitrogen yang terbatas. Pengurangan konsentrasi nitrogen dalam media mendorong degradasi lignin dari lignoselulosa gandum oleh *P. chrysosporium*, *S. pulverulentum*, dan *C. versicolor* (Rolz, 1986).

Dalam kerjanya, enzim peroksidase terlebih dahulu dioksidasi oleh H_2O_2 , yang juga dihasilkan oleh jamur, untuk membentuk suatu zat antara. Zat ini selanjutnya direduksi oleh sebuah elektron dan membentuk zat kedua yang bersifat radikal. Selanjutnya zat kedua mengoksidasi substrat berikutnya dengan satu elektron sehingga siklus katalisis tersebut lengkap. Senyawa veratril alkohol merupakan metabolit sekunder yang juga dihasilkan oleh jamur. Ditemukan bahwa beberapa substrat tertentu yang tidak dapat dioksidasi oleh lignin peroksidase akan teroksidasi jika di dalam campuran inkubasi terdapat veratril alkohol. Dikatakan bahwa H_2O_2 dan veratril alkohol merupakan mediator dalam proses biodelignifikasi ini. (Koduri, 1994)

Widjaya, 2004, mempelajari pengaruh konsentrasi mediator pada biodelignifikasi bagas dengan menggunakan jamur *Phanerochaete chrysosporium*. Degradasi lignin mencapai 28,7% pada perbandingan penggunaan veratril alkohol- H_2O_2 sebesar 40:40 mM, sedangkan yang tanpa penambahan mediator diperoleh hasil sebesar 10,8%.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan berikut ini digunakan dalam penyediaan media kultur :

Bahan	Jumlah (gram)
1. KH_2PO_4	7,2
2. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1,5
3. $CaCl_2 \cdot H_2O$	0,3
4. $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	0,045
5. $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0,023
6. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,015

7. $MnSO_4 \cdot H_2O$	0,03
------------------------	------

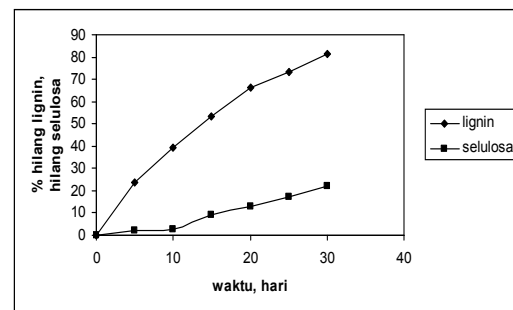
Bahan-bahan tersebut dilarutkan dalam aquades menjadi larutan 150 ml.

Suspensi jamur dibuat dengan cara memisahkan spora jamur dari PDAny dengan menggunakan jarum ose, selanjutnya mencampurkan dalam 20 ml larutan tween 80 0,01% dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan sampai volume 50 mL.

Percobaan dilakukan dengan memasukkan 10 gram batang jagung yang lolos 40 mesh dalam elemeyer 250 mL selanjutnya ditambahkan 0,01 gram glukosa dan diaduk sampai rata. Dimasukkan 15 ml larutan media kultur. Bahan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu $121^\circ C$ selama 15 menit, didinginkan dan diinokulasi dengan menambahkan 5 mL suspensi jamur. Bahan dimasukkan dalam inkubator dengan suhu $38^\circ C$ selama 30 hari, setiap 5 hari dilakukan analisis terhadap konsentrasi lignin dan selulosa. Suatu kontrol tanpa penambahan jamur diperlakukan dengan kondisi yang sama, dan dianalisis pada hari ke-30

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian degradasi lignin batang jagung dengan menggunakan jamur *Phanerochaete chrysosporium* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan % hilang lignin dengan waktu inkubasi.

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu inkubasi jumlah lignin yang hilang semakin besar. Degradasi lignin dapat mencapai 81,4 % pada inkubasi selama 30 hari. Hal ini menunjukkan bahwa jamur *Phanerochaete chrysosporium* memang merupakan organisme ligninolitik yang efisien. Terlihat pula dari gambar 1, kurva masih mempunyai lereng yang besar, yang berarti laju degradasi lignin sampai inkubasi hari ke 30 masih tinggi.

Biodegradasi lignin dapat terjadi jika jamur pelapuk putih menghasilkan enzim degradasi lignin ekstraselular, yaitu lignin peroksidase dan Mn peroksidase yang disebut sebagai keadaan ligninolitik. Lignin peroksidase dan Mn peroksidase diketahui merupakan ekstraselular enzim yang mengkatalisis oksidasi suatu senyawa aromatik. Keadaan ligninolitik *Phanerochaete chrysosporium* akan teraktivasi saat metabolisme sekunder pertumbuhan jamur dan diatur oleh tersedianya nutrisi, oksigen, *trace* logam, dan pH. Masih tingginya laju degradasi lignin pada hari ke 30 mungkin disebabkan oleh masih cukupnya nutrisi untuk pertumbuhan jamur. Dalam percobaan ini ditambahkan glukosa sebagai nutrisi tambahan bagi jamur.

Jamur *Phanerochaete chrysosporium* juga menyebabkan terjadinya degradasi selulosa. Terlihat pada gambar 1, terjadi kehilangan lignin dimana semakin lama waktu inkubasi dilakukan, % hilang lignin semakin besar. Degradasi selulosa mencapai 22,3% pada 30 hari inkubasi. Dalam proses biopulping, sebenarnya yang diinginkan adalah terurainya lignin, tetapi ternyata selulosa juga mengalami peruraian/degradasi. Hal ini disebabkan karena jamur *Phanerochaete chrysosporium* juga menghasilkan enzim yang dapat menguraikan selulosa seperti enzim protease, kuinon reduktase, dan selulase. Walaupun terdapat sejumlah selulosa yang terdegradasi tetapi jumlahnya relatif lebih kecil dibanding degradasi lignin. Dalam batang jagung, selulosa dikelilingi oleh lignin, sehingga ligninlah yang terlebih dahulu diuraikan oleh jamur.

Selulosa akan diuraikan oleh jamur menjadi senyawa yang sederhana yang dipergunakan oleh jamur sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya. Penambahan nutrisi berupa glukosa merupakan faktor yang memperkecil degradasi selulosa oleh jamur. Penambahan nutrisi akan meningkatkan laju degradasi lignin, meningkatkan pertumbuhan jamur serta menurunkan laju degradasi selulosa.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan :

1. Jamur *Phanerochaete chrysosporium* dapat mendegradasi lignin pada batang jagung.
2. Pada 30 hari inkubasi, lignin terdegradasi sejumlah 81,4%.
3. Degradasi lignin diikuti dengan degradasi selulosa walaupun jumlahnya relatif lebih sedikit yaitu 22,3 % pada 30 hari inkubasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Danang Adi Prabowo dan Sri Lestari yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, M., 1997, US Patent.
- Belewu, M.A., 2006, *Conversion of Masonia Tree Sawdust and Cotton Plant by Product into Feed by White Rot Fungus (Pleurotus sajor caju)*, African Journal of Biotech., 5, 503 - 504
- Dey, S., Maiti, T.K., and Bhattacharyya, B.C., 1994, *Production of Some 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.
- Hossain, S.M. and Anantharaman, N., 2006, *Activity Enhancement of Ligninolytic Enzymes of Trametes versicolor with Bagasse Powder*, African Journal of Biotech., 5, 189 – 194
- <http://www.freepatentsonline.com/6958110.html>, "Apparatus for the Production of Cellulose Paper Pulps by biodelignification of Vegetative Masses", US Patent 6958110.
- Howard, R.T., Abotsi, E., Jansen van Rensburg, E.L., and Howard, S., 2003, *Lignocellulose Biotechnology : Issue of Bioconversion and Enzyme Production*, African Journal of Biotech., 2, 602 -619
- Johjima, T., Itoh, N., Kabuto, M., Tokimura, F., Nakagawa, T., Wariishi, H., and Tanaka, H., 1999, *Direct Interaction of Lignin and Lignin Peroxidase from Phanerochaete chrysosporium*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 96, 1989-1994
- Kirk, T.K. and Tien, M., 1988, *Lignin Peroxidase of Phanerochaete chrysosporium*, Methods in Enzymology, 161, 238-249.
- Koduri, R.S. and Tien, M. 1994, *Kinetic Analysis of Lignin Peroxidase : Explanation for the Mediation Phenomenon by Veratryl Alcohol*, Biochemistry, 33, 4225-4230.
- Martina, A., Yuli, N., dan Sutisna, M., 2002, *Optimasi Beberapa Faktor Fisik Terhadap Laju Degradasi Selulosa Kayu Albisia (Paraserianthes Falcataria (L) Nielsen Dan Karboksimetil selulosa (CMC) Secara Enzimatis Oleh Jamur*, Jurnal Natur Indonesia, 4(2), 156-163.
- Rolz, C., de Leon, R. de Arriola, M.C., and de Cabrera, S., 1986, *Biodelignification of Lemon Grass and Citronella Bagasse by*

White-Rot Fungi, Applied and Environmental Microbiology, 52, 607-611.
Widjaya, A, Andriyani, S., and Pratami, A.A., <http://www.cape.canterbury.ac>, *Study of Biodelignification on Sengon (Paraserianthes falcataria) and Pine (Pinus merkusi) Using White-Rot Fungus Phanerochaete chrysosporium for the*

development of Pulp and Paper Industries in Indonesia.
Widjaya, A. , Ferry, Musmariadi, 2004, *Pengaruh Berbagai Konsentrasi Mediator pada Biodelignifikasi Menggunakan Enzim Kasar Lignin Peroksidase*, JTKI, 3. 71-79