

PENYISIHAN SENYAWA KLOOROLIGNIN OLEH *Phanerochaete chrysosporium* DALAM BIOREAKTOR UNGGUN TERFLUIDISASI

Dwina Roosmini¹⁾, Wisjnuaprpto²⁾, Reski Dian Diniari³⁾, Junianti Roslinda S³⁾

¹⁾Kelompok Keahlian Teknologi Pengelolaan Lingkungan, FTSL

²⁾Kelompok Keahlian Rekayasa Air dan Limbah Cair, FTSL – ITB

³⁾Program Studi Teknik Lingkungan, FTSL-ITB

ELIMINATION OF CHLOROLIGNIN COMPOUND BY Phanerochaete Chrysosporium IN FLUIDIZED BED BIOREACTOR

ABSTRACT

Chlorolignin compound in pulp and paper wastewater are toxic and mutagenic. The pulp and paper wastewater consisting chlorolignin are harmful if discharged to the receiving water without treatment. Biological treatment is an alternative to treat the chlorolignin. White rot fungi *Phanerochaete chrysosporium* with extra cellular enzyme are able to degrade chlorolignin. This study is conducted by using fluidized bed reactor to treat chlorolignin by using immobilized *Phanerochaete chrysosporium*. This study are intended to find the ability of *Phanerochaete chrysosporium* in degrading chlorolignin in the range of concentration (0.05g/L; 0.1g/L; 0.2g/L; 0.3 g/L and 0.4 g/L). The molecular distribution of chlorolignin before and after treatment is measured by using High Performance Liquid Chromatography. This study showed that *Phanerochaete chrysosporium* are able to depolymerization high molecular chlorolignin to low molecular.

Keywords: chlorolignin, fluidized bed, pulp and paper, Phanerochaete chrysosporium

INTISARI

Senyawa klorolignin, yang terdapat pada air buangan industri pulp dan kertas, merupakan senyawa lignin yang terklorinasi. Senyawa ini bersifat toksik dan mutagenik dan akan sangat berbahaya bila langsung dibuang ke perairan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan secara biologis merupakan alternatif yang tepat untuk mengolah klorolignin. Jamur *Phanerochaete chrysosporium* diketahui memiliki enzim ekstraseluler yang mampu mendegradasi senyawa aromatik tersebut. Pada penelitian ini digunakan bioreaktor unggun terfluidisasi sebagai tempat terjadinya reaksi. Pada penelitian dilakukan variasi konsentrasi klorolignin 0,05 g/L; 0,1 g/L; 0,2 g/L; 0,3 g/L; dan 0,4 g/L. Konsentrasi glukosa yang dipakai ialah konsentrasi dimana efisiensi penyisihan optimum, yaitu penyisihan lignin 62,02% dan warna 75,05%. Perubahan distribusi berat molekul klorolignin sebelum dan sesudah pengolahan diperiksa dengan menggunakan metoda kromatografi cair kinerja tinggi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jamur *Phanerochaete chrysosporium* mampu melakukan depolimerisasi senyawa klorolignin berat molekul tinggi menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah.

Kata kunci: Senyawa klorolignin, Phanerochaete chrysosporium, Fluidized Bed Bioreactor, Phanerochaete chrysosporium

PENDAHULUAN

Sejak tumbuhnya industri-industri hulu maupun hilir, permasalahan lingkungan menjadi isu penting yang berkembang di Indonesia. Industri pulp dan kertas yang setiap tahunnya membuang jutaan galon air buangannya juga berperan sebagai kontributor utama dalam pencemaran lingkungan perairan.

Konsentrasi COD, padatan tersuspensi, warna, dan senyawa organik terklorinasi yang cukup tinggi pada air buangan, bersifat toksik dan mutagenik yang akan sangat berbahaya bagi kehidupan akuatik bila dibuang langsung ke perairan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu.

Senyawa organik terklorinasi dari buangan industri pulp dan kertas terutama

dihasilkan pada proses pembuatan pulp (*pulping*) dan proses pemutihan (*bleaching*). Pada proses pembuatan pulp digunakan kayu sebagai bahan baku dan senyawa NaOH atau Na₂S dengan pemanasan sampai 170°C untuk mendegradasi lignin. Lignin pada kayu akan terdegradasi menjadi fragmen-fragmen lignin yang tidak stabil yang selanjutnya, secara spontan melakukan reaksi repolimerisasi menuju pembentukan warna. Untuk mendapatkan pulp yang memiliki derajat putih tinggi dilakukan proses pemutihan pulp dengan menggunakan klor, kloroksida, peroksida, atau ozon. Air buangan yang mengandung klorin bisa bereaksi dengan lignin dan senyawa organik lainnya akan menjadi klorolignin dan organoklorin yang sukar dipecah dan sangat beracun.

Ludquist dkk (1977) memperlihatkan bahwa ¹⁴C-lignin sintesis dapat didekomposisi dalam suasana aerob menjadi ¹⁴CO₂ oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium*. Cripps dkk (1990) juga menyatakan bahwa jamur pelapuk putih tersebut memiliki suatu enzim yang dapat mendegradasi lignin dan senyawa polutan organik lainnya. Dalam penelitian ini digunakan *fluidized bed bioreactor* (FBBR) dan proses yang terjadi di dalamnya adalah reaksi non heterogenous yang meliputi transfer massa dan reaksi biokimia.

BAHAN DAN METODA

Pengolahan senyawa klorolignin dalam penelitian ini dilakukan dalam bioreaktor unggun terfluidisasi (*fluidized bed bioreactor*) dengan memanfaatkan aktivitas salah satu spesies jamur pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium* yang diambil dari koleksi Pusat Penelitian Antar Universitas (PPAU) Laboratorium Mikrobiologi. Substrat yang digunakan untuk pertumbuhan jamur ialah klorolignin sedangkan ko-substratnya adalah glukosa. Penelitian ini dilakukan pada waktu detensi 60 jam. Proses degradasi yang terjadi dilihat dengan melakukan pengukuran terhadap konsentrasi lignin dan warna serta perubahan distribusi berat molekul klorolignin sebelum dan sesudah pengolahan.

Pada penelitian ini konsentrasi substrat

klorolignin dengan berat molekul tinggi divariasikan, yaitu sebesar 0,05 g/L; 0,1 g/L; 0,2 g/L; 0,3g/L; dan 0,4 g/L. Konsentrasi ko-substrat yang digunakan adalah konsentrasi dimana efisiensi penyisihan optimum pada penelitian utama terjadi, yaitu 60 jam. Derajat keasaman (pH) dijaga pada kondisi optimum pertumbuhan jamur yaitu 4 - 4,5. Temperatur juga harus diperhatikan, resirkulasi air hangat sebesar 32°C harus tetap ada agar jamur tetap berada pada kondisi terbaik. Sampling dilakukan setelah kondisi tunak tercapai yang dapat dilihat dari warna yang sudah stabil. Kemudian dilakukan pemeriksaan warna dan konsentrasi lignin. Pada penelitian digunakan sistem pertumbuhan tersuspensi dimana tidak terdapat media melekatnya jamur *Phanerochaete chrysosporium*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

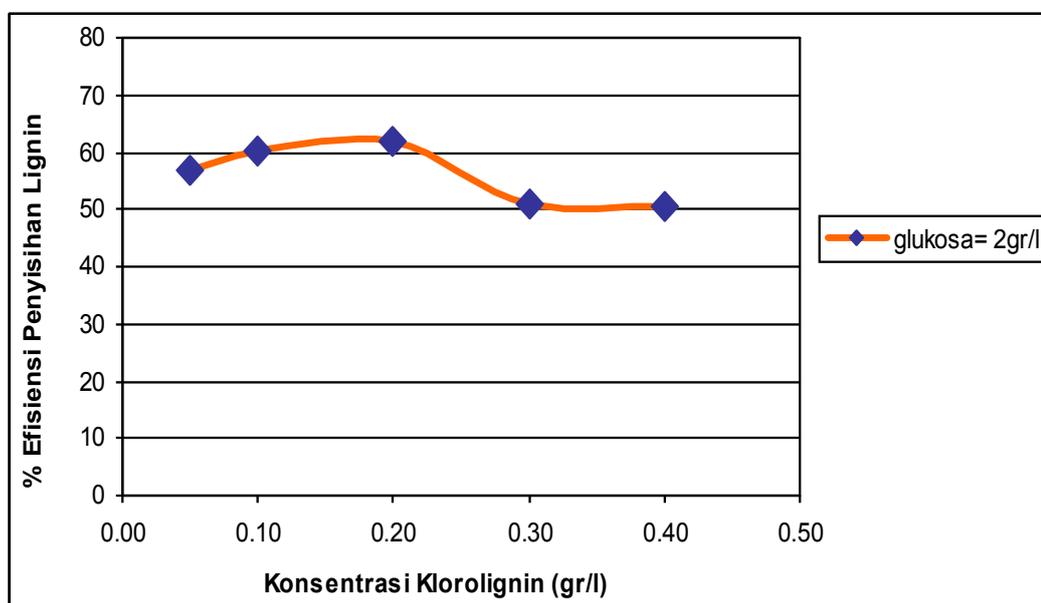
Pada penelitian ini digunakan konsentrasi ko-substrat 2 gr/l dengan variasi konsentrasi klorolignin. Klorolignin yang digunakan adalah klorolignin dengan berat molekul tinggi (BM > 10000) dengan waktu detensi 60 jam.

1. Penyisihan Lignin

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan lignin akan naik sejalan dengan naiknya konsentrasi klorolignin dari 0,05 g/L menjadi 0,1 g/L dan kemudian 0,2 g/L, yaitu sebesar 56,89%; 60,12%; dan 62,02%. Tetapi pada konsentrasi klorolignin 0,3 g/L dan 0,4 g/L lignin yang berhasil disisihkan menjadi turun yaitu hanya sebesar 51,14% dan 50,59%. Tingginya konsentrasi klorolignin yaitu pada konsentrasi sebesar 0,3 g/L dan 0,4 g/L menjadikan klorolignin bersifat sebagai substrat inhibisi dimana substrat yang dimasukkan justru akan bersifat toksik dan menghambat aktivitas enzim *Phanerochaete chrysosporium* dalam mendegradasi senyawa klorolignin, sehingga efisiensi penyisihan lignin yang terjadi tidak terlalu besar, seperti ditunjukkan pada Tabel 1 atau Gambar 1 di bawah ini.

Tabel 1. Efisiensi Penyisihan Lignin Terhadap Variasi Konsentrasi Klorolignin Pada Konsentrasi Glukosa 2 g/L

Variasi Konsentrasi Klorolignin (g/L)	Variasi Konsentrasi Glukosa (g/L)	Konsentrasi Lignin (g/L)		% Penyisihan Lignin
		Awal	Akhir	
0,05	2	0,058	0,025	56,89
0,10	2	0,173	0,069	60,12
0,20	2	0,287	0,109	62,02
0,30	2	0,391	0,191	51,14
0,40	2	0,589	0,291	50,59



Gambar 1. Efisiensi Penyisihan Lignin sebagai Fungsi Konsentrasi Klorolignin Pada Konsentrasi Glukosa 2 g/L

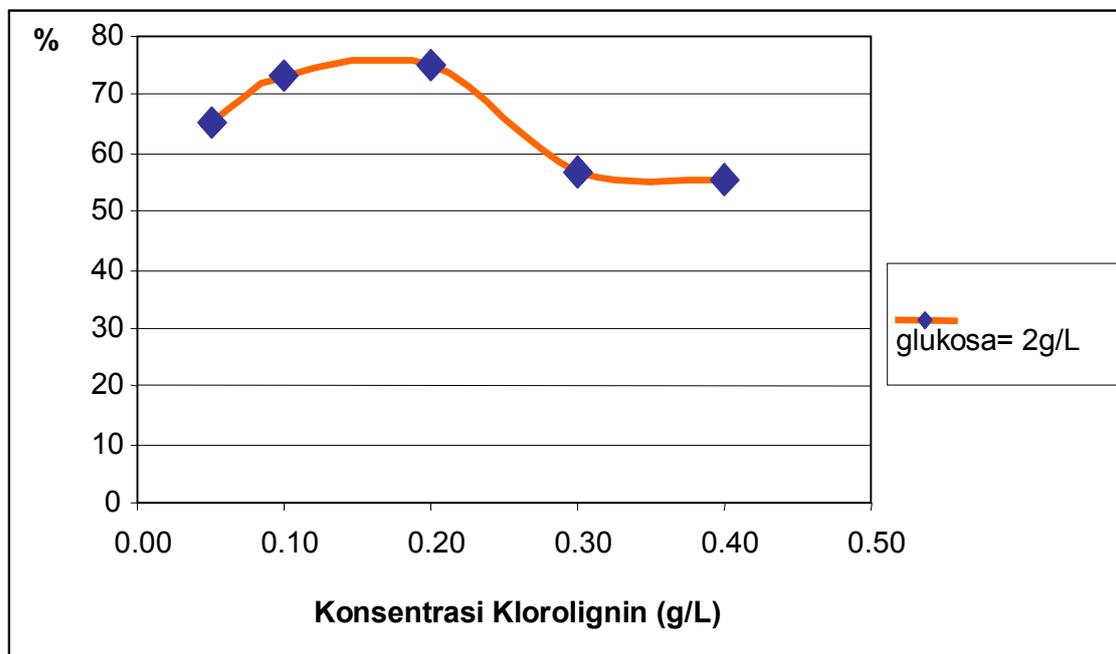
2. Penyisihan Warna

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa efisiensi penurunan warna klorolignin meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi klorolignin dari 0,05 g/L menjadi 0,1 g/L dan 0,2 g/L yaitu sebesar 65,15% menjadi 73,10% lalu 75,05%. Namun pada konsentrasi klorolignin 0,3 g/L terjadi penurunan efisiensi penyisihan yaitu hanya

sebesar 56,98% dan 55,46% untuk konsentrasi 0,4 g/L. Ini dapat disebabkan karena konsentrasi klorolignin 0,3 g/L dan 0,4 g/L sudah terlalu tinggi untuk didegradasi oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* sehingga enzim mangan peroksida (MnP) dan lignin peroksida (LiP) tidak mampu menyisihkan warna lebih jauh lagi, seperti terlihat pada Tabel 2 atau Gambar 2 berikut ini.

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan Warna Terhadap Variasi Konsentrasi Substrat Klorolignin Pada Konsentrasi Glukosa 2 g/L

Variasi Konsentrasi Klorolignin (g/L)	Variasi Konsentrasi Glukosa (g/L)	Warna (Pt-Co)		% Penyisihan Warna
		Awal	Akhir	
0,05	2	548	191	65,15
0,10	2	1632	439	73,10
0,20	2	2660	664	75,05
0,30	2	3580	1540	56,98
0,40	2	4760	2120	55,46



Gambar 2. Efisiensi Penyisihan Warna Sebagai Fungsi Konsentrasi Klorolignin Pada Konsentrasi Glukosa 2 g/L

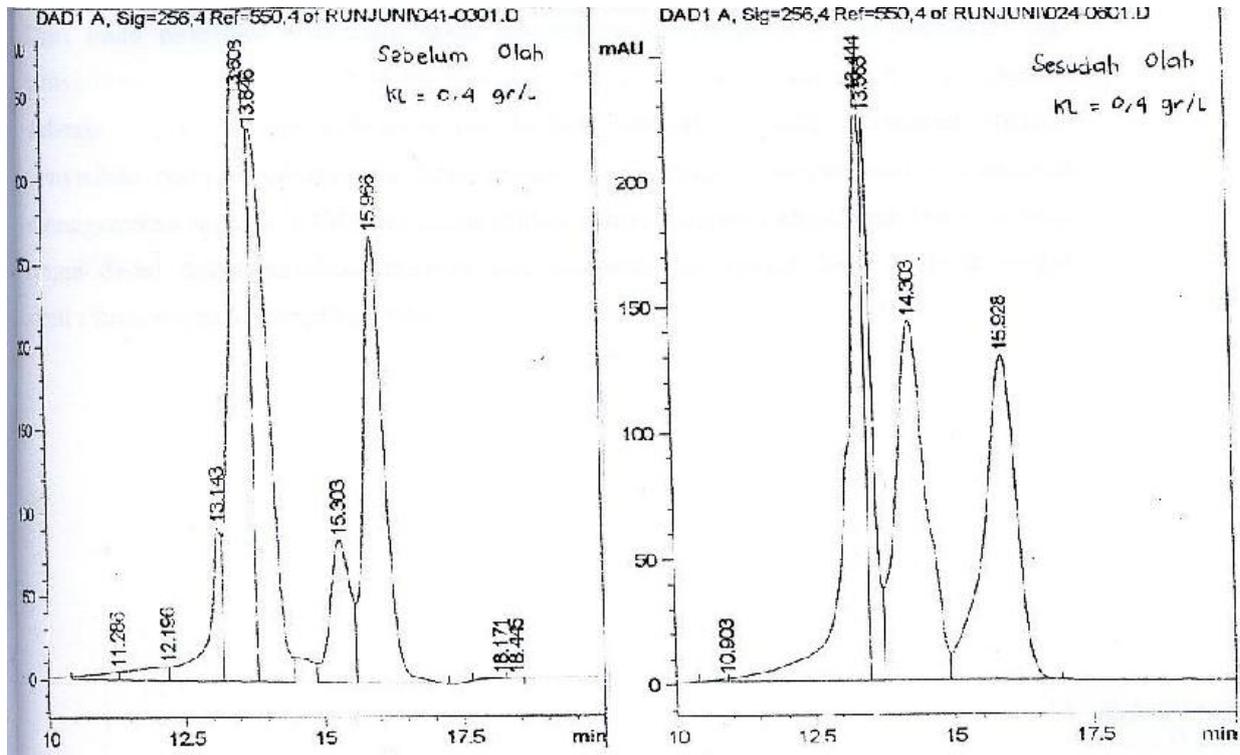
Untuk konsentrasi klorolignin 0,2 g/L penyisihan warna sebesar 80,30%; untuk 0,3 g/L sebesar 85,73%; dan untuk 0,4 g/L sebesar 58,85%.

3. Analisa Perubahan Distribusi Berat Molekul Senyawa Klorolignin dengan Metoda Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)

Selain menggunakan metoda gel kromatografi, analisa perubahan distribusi berat molekul klorolignin sebelum dan sesudah pengolahan

oleh *Phanerochaete chrysosporium* dapat dilihat dengan menggunakan metoda kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) atau yang umum disebut *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Metoda KCKT ini memiliki selektivitas dan sensitivitas yang lebih baik karena dapat menampilkan luas area dan waktu retensi yang tepat dibanding metoda gel filtrasi yang hanya menampilkan absorbansi pada volume efluen yang berbeda. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa telah terjadi perubahan distribusi perubahan berat molekul senyawa klorolignin, seperti yang

ditunjukkan dalam gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Perubahan Distribusi Berat Molekul Klorolignin Sebelum dan Sesudah Pengolahan dengan Metoda KCKT

Dari hasil penelitian untuk konsentrasi klorolignin 0,4 g/L diperoleh nilai penyisihan warna sebesar 55,46% dan lignin 50,59%. Meskipun efisiensi penyisihan pada konsentrasi ini tidak terlalu besar, namun dengan hasil kromatografi menggunakan metode KCKT ini dapat dilihat bahwa senyawa klorolignin berat molekul tinggi dapat didepolimerisasi menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah oleh *Phanerochaete chrysosporium*.

KESIMPULAN

1. Jamur *Phanerochaete chrysosporium* yang disuspensikan dalam bioreaktor unggul terfluidisasi mampu mendegradasi senyawa klorolignin berat molekul > 10000 sampai dengan konsentrasi 0,2 g/L dengan konsentrasi ko-substrat glukosa 2 g/L. Jika

2. konsentrasi klorolignin dinaikkan, efisiensi penyisihan akan menurun.
3. Efisiensi penyisihan senyawa klorolignin optimum dalam bioreaktor unggul terfluidisasi tercapai pada konsentrasi ko-substrat glukosa 2 g/L.
4. Pemakaian glukosa oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* dalam mendegradasi klorolignin menurun dengan meningkatnya konsentrasi klorolignin yang ditambahkan, semakin besar konsentrasi klorolignin yang dimasukkan maka semakin besar hasil degradasi senyawa klorolignin yang dapat digunakan oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* sebagai sumber karbon tambahan.
5. Hasil analisa distribusi berat molekul klorolignin dengan metode kromatografi filtrasi gel pada kolom biasa maupun pada kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) menunjukkan bahwa jamur *Phanerochaete*

chryso sporium mampu mendegradasi senyawa klorolignin berat molekul tinggi menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Christine, Evans., 1987 *Lignin Degradation*. Process Biochemistry. London.
 2. Hendritomo, H.I., 1996. *Perlakuan Air Buangan Terklorinasi Pada Industri Pemutihan Pulp/Kertas dengan Memanfaatkan Jamur Busuk Putih*. Jurnal Alami Vol.1. Nomor 2.
 3. Joyce, T.W. and Chang, H.M. *Kinetics of Bleach Plant Effluent Decolorization by Phanerochaete chryso sporium*. Journal of Biotechnology. Vol: 10. Page 67-76. Elsevier Publisher. 1989.
 4. Ping, Zhou., and Shi He, Wang. 1994. *Organic Matter Degradation Kinetics in Fluidized Bed Bioreactor*. Elsevier Science Ltd.
 5. Reynold, Tom D. 1982. *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*. Wadsworth, Inc. California.
-