

DELIGNIFIKASI AMPAS BATANG AREN: PEMBANDINGAN PENGARUH PENAMBAHAN GLUKOSA DENGAN PENAMBAHAN TETES

Fadilah¹ dan Sperisa Distantina¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Telp : +62 0271 632112, Fax : +62 0271 632112
Email : fadilah_uns@yahoo.com, fadil_am@uns.ac.id

Abstract : *In the production of bioethanol using lignocellulose biomass, pretreatment step is carried out to separate the cellulose from lignin. A research concerning delignification using white rot fungus *P. Chrysosporium* have been done. The objective of the research is to compare the influence of adding glucose and adding molasses to the degradation of lignin in bagasse of *Arenge pinata*. An amount of bagasse is soaking in a medium and add to the bagasse glucose or molasses in dry weight percent. The pH condition is set at 4. This bagasse is then placed in flask and then sterilized. Inoculation is by adding an amount of fungi suspension. A series of flasks are put into incubator at 40 °C. Incubation is carried out for 30 days. A control without fungi is prepared at the same condition. Analysis of lignin and cellulose content are performed for every five days. The glucose and molasses content is set to be 0,5%, 1%, and 2%. The results show that at the same glucose and molasses content, more lignin degraded for the adding of molasses. The loss of cellulose is higher for adding molasses at 0,5 and 1% but not for molasses at 2%.*

Keywords : *delignification, *P. chrysosporium*, molasses, glucose.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan etanol semakin hari semakin meningkat seiring dengan penggunaannya sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Produksi etanol dengan bahan baku gula atau pati akan berakibat negatif karena dapat mengganggu ketahanan pangan. Oleh karena itu pengembangan teknologi pembuatan etanol difokuskan pada penggunaan bahan-bahan biomassa lignoselulosa. Biaya bahan baku dapat dikurangi dengan penggunaan limbah pertanian.

Untuk menguraikan biomassa lignoselulosa dapat dilakukan dengan metode hidrolisis menggunakan larutan asam maupun basa. Namun, reaksi samping yang nonspesifik yang menghasilkan produk non glukosa dapat terjadi, sehingga mengurangi yield glukosa yang diinginkan. Penggunaan enzim dalam proses lebih disukai dibanding dengan proses asam atau basa karena merupakan biokatalis yang spesifik, yang tidak menghasilkan produk samping yang tak diinginkan dan lebih ramah lingkungan.

Konversi biomassa lignoselulosa menjadi bahan yang berguna dan bernilai lebih tinggi secara umum memerlukan proses dengan langkah jamak. Langkah pertama adalah perlakuan awal (pretreatment) (Howard, 2003). Salah satu perlakuan awal adalah menghancurkan lignin (delignifikasi) karena

lignin mencegah masuknya enzim dalam memecah polisakarida menjadi monosakarida di dalam proses hidrolisis. Penggunaan jamur pelapuk putih dalam menghancurkan lignin dapat dipertimbangkan karena prosesnya yang ramah lingkungan. Hasil penelitian dari Gozan (2007) menunjukkan bahwa penggunaan jamur pelapuk putih jenis *C. subvermispora* dan *L. edodes* dapat meningkatkan konversi etanol dari bagas dengan proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*).

Sohun, salah satu jenis mie, antara lain dibuat dengan bahan baku pati aren. Pati ini diperoleh dari batang aren dengan cara mengekstraknya. Sisa proses ini berupa ampas batang aren yang selama ini hanya dibuang sehingga mencemari lingkungan. Limbah ini termasuk biomassa lignoselulosa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan etanol. Komposisi limbah dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Phanerochaete chrysosporium dilaporkan mempunyai kemampuan tinggi dalam menguraikan lignin pada berbagai jenis kayu-kayuan serta bahan limbah pertanian seperti batang padi, bagas dan serat yute. Pengaruh dari jamur pelapuk putih terhadap lignoselulosa merupakan suatu fenomena yang kompleks yang dikontrol oleh berbagai variabel dan interaksi dari padanya. Hasil yang ada menunjukkan hubungan yang spesifik antara jamur dengan substrat. Dengan demikian perlu

diadakan penelitian untuk proses delignifikasi ampas batang aren dengan menggunakan jamur pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium*.

Tabel 1. Karakteristik bahan baku dan limbah padat

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
C-Organik	% BK	80,17	76,53	69,59
NTK	% BK	2,69	0,85	0,74
Organik Nitrogen	% BK	2,13	0,80	0,70
Kadar Air	% BB	41,59	87,50	71,72
Total Fosfat	mg/kg BK	1450,19	1339,83	1464,46
Kalium	mg/kg BK	2280,85	4026,12	2206,96
Amoniak	mg/kg BK	0,56	0,05	0,04
Magnesium	mg/kg BK	953,35	638,97	635,85
Besi (Fe)	mg/kg BK	404,78	2061,41	652,23
Seng (Zn)	mg/kg BK	28,19	7,11	106,06
Tembaga (Cu)	mg/kg BK	<0,001	8,47	5,82
Fosfor	mg/kg BK	482,91	446,16	487,67
Mangan (Mn)	mg/kg BK	16,63	51,59	41,86

Keterangan:

- (1) Parameter
- (2) Satuan
- (3) Hasil Analisis Bahan Baku Parutan batang
- (4) Hasil Analisis Bahan Baku Pati Aren (Pengendapan I)
- (5) Hasil Analisis Limbah Padat berupa Ampas Akhir

Walaupun penghancuran lignin secara biologis 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. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan pengaruh penambahan glukosa dengan penambahan tetes terhadap banyaknya lignin yang dapat diuraikan di dalam ampas batang aren.

Penelitian mengenai delignifikasi ampas batang aren ini merupakan suatu penelitian perlakuan awal dalam proses pemanfaatan limbah ampas batang aren sebagai bahan baku dalam pembuatan etanol. Perlakuan yang dilakukan adalah secara biologis dengan menggunakan jamur *Phanerochaete chrysosporium*.

Dalam proses penghilangan lignin dengan menggunakan jamur pelapuk putih terjadi pula penguraian polisakarida (selulosa), sehingga dengan adanya penambahan sumber gula (tetes dan glukosa) penguraian selulosa dapat direduksi.

LANDASAN TEORI

Biomassa lignoselulosa mengandung lignin, hemiselulosa dan selulosa. Secara umum lignin mengandung alkohol aromatik, coniferyl alcohol, sinapyl dan p-coumaryl alcohol. Lignin akan menyatukan baik hemiselulosa maupun selulosa dan membentuk lapisan yang bersifat sebagai penahan yang

melindungi hemiselulosa maupun selulosa dari penetrasi larutan maupun enzim. Hemiselulosa merupakan makromolekul yang merupakan polimer dari pentosa (xylosa dan arabinosa), heksosa (mannosa), dan sejumlah gula, sedangkan selulosa adalah polimer homogen dari glukosa. Dari ketiga komponen tersebut, lignin merupakan bahan yang paling sukar untuk diuraikan, sedangkan selulosa lebih tahan terhadap hidrolisis dibanding dengan hemiselulosa. Metode hidrolisis dengan larutan alkali dan larutan asam telah digunakan dalam menguraikan lignoselulosa. Larutan asam lemah cenderung menghilangkan lignin namun hasil hidrolisis selulosanya rendah, sedangkan penggunaan asam kuat adalah lebih korosif sehingga perlu peralatan yang lebih mahal. Isu lingkungan juga mempengaruhi penggunaan bahan kimia ini, berkaitan dengan pembuangan sisa larutan pemasaknya (Howard, 2003).

Pengembangan teknologi bioproses dengan menggunakan enzim diyakini merupakan proses yang lebih ramah lingkungan. Banyak teknologi yang sudah tersedia dalam biokonversi lignoselulosa menjadi etanol dan produk lain. Namun, teknologi ini harus selalu diperbaiki dan penemuan teknologi baru harus didorong untuk mendapatkan proses yang bisa menghasilkan produk dengan biaya yang kompetitif. Penggunaan bahan baku dari sisa dan limbah pertanian merupakan salah satu alternatif pengurangan biaya bahan baku. Langkah proses lain relatif masih mahal, termasuk di dalamnya adalah perlakuan awal (pretreatment) yang dapat meningkatkan biokonversi.

Menurut Malherbe (2003), tujuan utama perlakuan awal lignoselulosa oleh berbagai industri adalah untuk dapat mengakses potensi selulosa yang terlapisi oleh lignin di dalam matriks lignoselulosa. Kombinasi dari teknologi fermentasi keadaan padat dengan kemampuan jamur pelapuk putih menguraikan lignin secara selektif akan memungkinkan penerapan teknologi bioproses lignoselulosa dalam skala industri.

Dari ribuan jamur yang diketahui mempunyai kemampuan ligninolitik, *Phanerochaete chrysosporium* merupakan jamur yang paling banyak dipelajari (Howard, 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). Kerja enzim ini diatur oleh adanya sumber karbon dan nitrogen (Kumar, 2009)

Rolz (1986) mempelajari biodelignifikasi bagas dari serih dan 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 bagas serih 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 serih, 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 (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.

Perbandingan C/N penting dalam perlakuan awal biomassa, karena penguraian lignoselulosa tergantung dari C/N dalam bahan. Untuk menguraikan satu molekul karbon, sejumlah tertentu nitrogen diperlukan oleh, dan hal ini tergantung dari jenis mikroflora. Jamur

memerlukan C/N yang lebih tinggi (30:1) dibanding dengan bakteri (10:1), akibatnya jamur lebih mudah menguraikan lignin dibanding bakteri karena ketergantungan terhadap nitrogen rendah (Kumar, 2009).

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan berikut ini digunakan dalam penyiapan media kultur : KH_2PO_4 , 7,2 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1,5g, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0,3 g, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,045 g, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,023 g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,015 g, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0,03 g. Bahan-bahan tersebut dilarutkan dalam aquades menjadi larutan 150 ml.

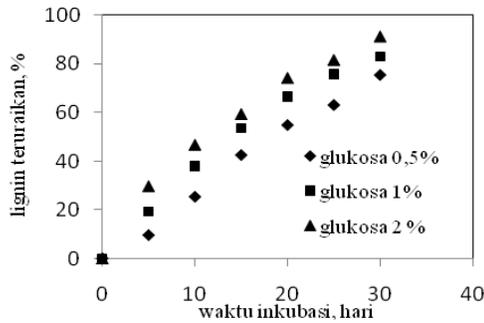
Suspensi jamur dibuat dengan cara memisahkan spora jamur dari PDAnya dengan menggunakan jarum ose, selanjutnya mencampurkan dalam 20 ml larutan tween 80 0,01% dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan sampai volume 50 mL.

Percobaan dilakukan dengan memasukkan 10 gram ampas aren yang lolos 40 mesh dalam erlenmeyer 250 mL selanjutnya diambahkan glukosa atau tetes dengan kadar tertentu dengan kondisi pH 5. Bahan diaduk sampai rata selanjutnya ditambahkan 15 ml larutan media kultur. Bahan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, didinginkan dan diinokulasi dengan menambahkan 5 mL suspensi jamur. Bahan dimasukkan dalam inkubator dengan suhu 40°C selama 30 hari, setiap 5 hari dilakukan analisis terhadap kadar lignin dan selulosa. Suatu kontrol tanpa penambahan jamur diperlakukan dengan kondisi yang sama, dan dianalisis pada hari ke-30. Pengaruh penambahan glukosa atau tetes dilakukan dengan memvariasi kadar glukosa atau tetes sebesar 0,5%, 1%, dan 2%.

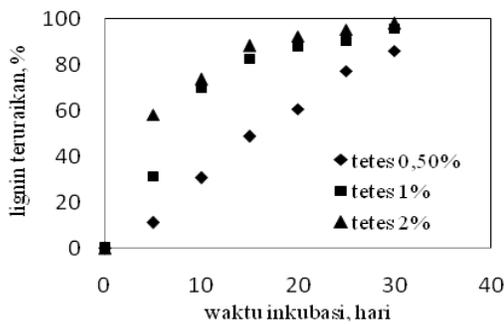
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh waktu inkubasi terhadap banyaknya lignin yang terurai dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan besarnya lignin dalam % yang dapat didegradasi oleh jamur, yang dihitung sebagai jumlah lignin yang tersisa dibandingkan dengan lignin yang semula ada. Dapat dilihat bahwa semakin lama waktu inkubasi, besarnya lignin yang dapat didegradasi oleh jamur adalah semakin banyak.



Gambar 1. Hubungan % lignin teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa



Gambar 2. Hubungan % lignin teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan tetes

Aktivitas jamur pengurai lignin dapat dilihat pada tabel 2 yang menunjukkan kadar lignin dan selulosa pada hari ke 0 pada ampas yang diberi jamur dan pada kontrol yang tanpa penambahan jamur yang telah disimpan selama 30 hari.

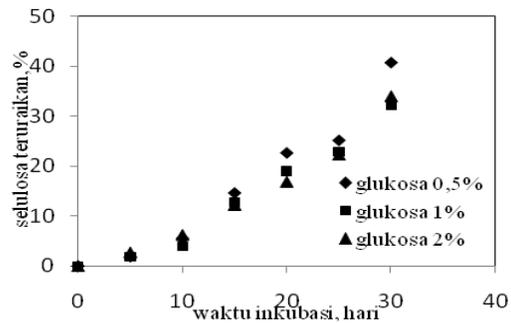
Tabel 2. Perbandingan kadar lignin dan selulosa pada 0 hari inkubasi dan kontrol

	tetes			glukosa		
	0,5%	1%	2%	0,5%	1%	2%
Kadar lignin, %						
0 hari	50	52	48	48,6	46,6	45
kontrol	52	53,3	49	50	49	46
Kadar selulosa, %						
0 hari	91,2	92,6	90,2	86,8	86,9	91,7
kontrol	89,9	92	90,4	86,2	86	91,9

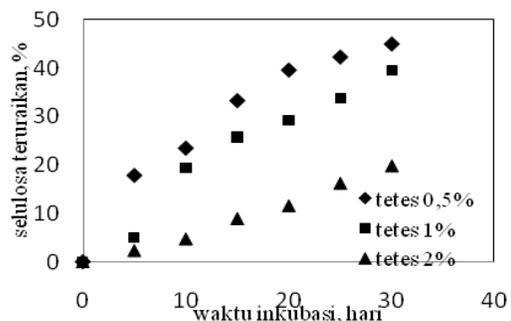
Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa pada kontrol yang tanpa penambahan jamur, penyimpanan selama 30 hari tidak mengakibatkan perubahan kadar lignin dan selulosa dalam bahan sehingga aktivitas jamurlah yang menyebabkan berkurangnya kadar lignin dan selulosa.

Pada inkubasi hari ke 30 laju degradasi masih tinggi, hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim yang bersifat ligninolitik yaitu lignin peroxidase (LiP) dan Mn peroxidase (MnP) masih tinggi. Kemungkinan yang terjadi adalah masih cukupnya nutrisi untuk pertumbuhan jamur yaitu dengan penambahan glukosa dan tetes.

Terlihat adanya perbedaan jumlah lignin yang terdegrasi pada jumlah penambahan glukosa dan tetes yang berbeda. Semakin banyak kadar glukosa dan tetes yang ditambahkan, % lignin yang terurai semakin besar. Terlihat bahwa penambahan nutrisi berupa glukosa dan tetes mempunyai peran dalam proses penguraian lignin. Penambahan nutrisi dalam proses degradasi lignin dengan menggunakan jamur pelapuk putih ditujukan agar kebutuhan akan senyawa karbon untuk hidup diperoleh dari sumber lain selain selulosa.



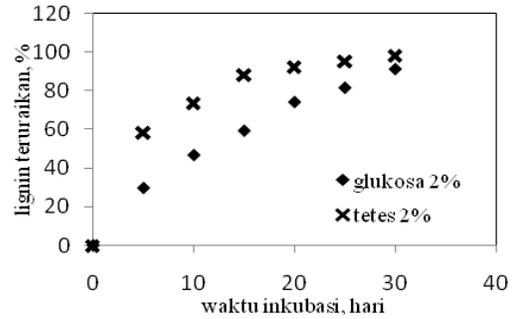
Gambar 3. Hubungan % selulosa teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa



Gambar 4. Hubungan % selulosa teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan tetes

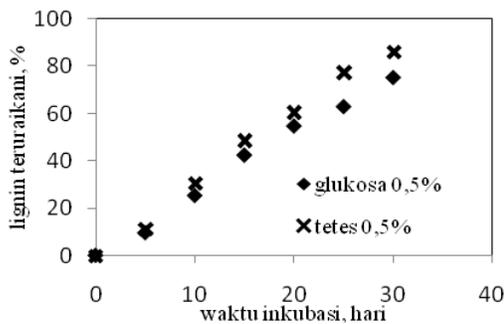
Walaupun dalam proses delignifikasi yang diharapkan adalah proses degradasi lignin, namun ternyata ada sebagian selulosa yang ikut terurai. Hal ini disebabkan jamur

Phanerochaete chrysosporium juga menghasilkan enzim yang dapat menguraikan selulosa seperti enzim protease, kuinon reduktase, dan selulase. Dalam proses ini jamur memerlukan sumber karbon untuk keperluan hidupnya. Selulosa yang mengandung karbon ternyata ada yang dimanfaatkan oleh jamur, walaupun sudah ditambahkan glukosa dan tetes di dalamnya. Namun demikian, jumlah selulosa yang teruraikan oleh jamur relatif lebih sedikit dibandingkan dengan lignin. Terdapat kecenderungan semakin banyak glukosa dan tetes yang ditambahkan, prosesntase selulosa yang terurai akan semakin sedikit. Dengan demikian penambahan glukosa dan berperan seperti yang diharapkan, yaitu menjadi sumber karbon bagi jamur untuk hidupnya. Penambahan nutrisi akan meningkatkan laju degradasi lignin, meningkatkan pertumbuhan jamur serta menurunkan laju peruraian selulosa. Semakin banyak glukosa ditambahkan, semakin banyak lignin terdegradasi dan semakin sedikit selulosa yang terurai.

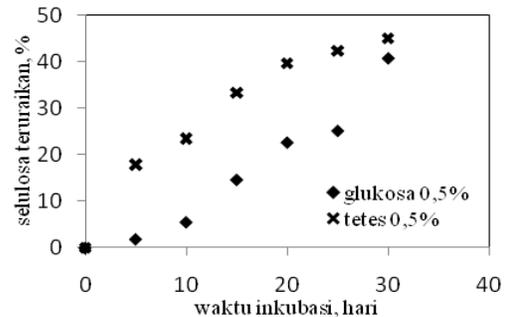


Gambar 7. Hubungan % lignin teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 2%

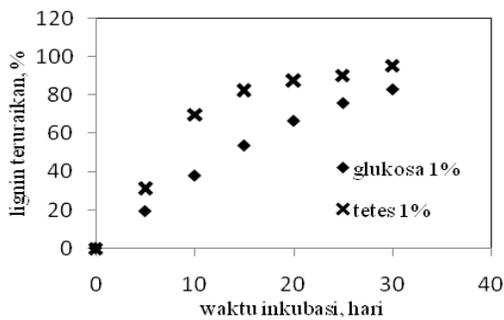
Gambar 5 sampai dengan gambar 7 menunjukkan hubungan % lignin teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 0,5, 1, dan 2%. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan kadar yang sama, penambahan tetes mengakibatkan penguraian lignin lebih besar dibandingkan dengan penambahan glukosa pada berbagai waktu inkubasi.



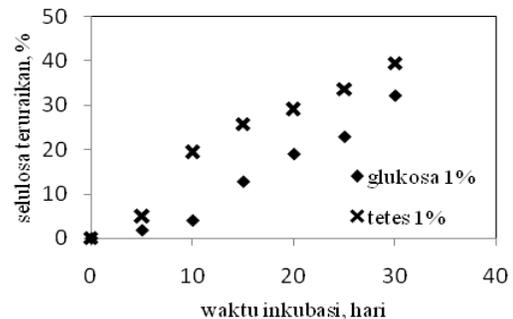
Gambar 5. Hubungan % lignin teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 0,5%.



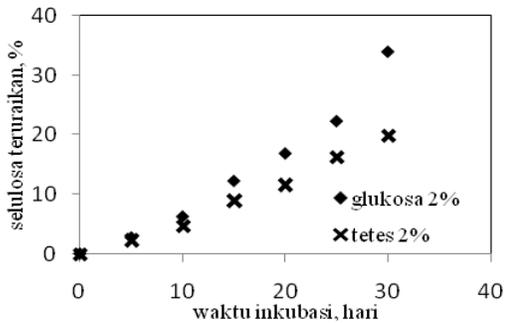
Gambar 8. Hubungan % selulosa teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 0,5%



Gambar 6. Hubungan % lignin teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 1%



Gambar 9. Hubungan % selulosa teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 1%



Gambar 10. Hubungan % selulosa teruraikan dengan waktu inkubasi pada penambahan glukosa dan tetes 2%

Dari gambar 8 sampai gambar 9 terlihat bahwa penambahan tetes mengakibatkan penguraian selulosa lebih besar dibandingkan dengan penambahan glukosa. Namun pada penambahan 2% terjadi kebalikannya, jumlah selulosa yang ikut terurai pada penambahan tetes lebih sedikit dibandingkan pada penambahan glukosa (gambar 10).

Pada penambahan tetes 0,5 dan 1% akan diperoleh kondisi dimana prosentase lignin yang terurai lebih besar namun prosentase selulosa yang terurai juga lebih besar. Kondisi lebih baik diperoleh pada penambahan tetes 2% di mana prosentase lignin yang terurai lebih besar dan prosentase selulosa yang terurai lebih kecil. Tetes yang mengandung total gula sebagai inversi sebanyak 50 – 65% mungkin lebih mudah untuk dimetabolisme oleh jamur dibanding dengan glukosa.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan glukosa dan tetes dalam delignifikasi ampas batang aren berperan sebagai sumber karbon bagi jamur *Phanerochaete chrysosporium*. Dengan kadar yang sama, jumlah lignin yang terurai dengan penambahan tetes lebih besar dibandingkan dengan penambahan glukosa. Jumlah selulosa yang ikut terurai pada penambahan tetes dengan kadar 0,5% dan 1% lebih besar dibandingkan dengan penambahan glukosa, namun pada kadar 2% terjadi kebalikannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada LPPM UNS yang telah membiayai penelitian ini melalui dana DIPA LPPM UNS tahun anggaran 2008

DAFTAR PUSTAKA

- Belewu, M.A., 2006, Conversion of Masonia Tree Sawdust and Cotton Plant by Product into Feed by White Rot Fungus (*Pleorotus sajor caju*), African Journal of Biotech., 5, hal. 503-504
- Cacchio, P., Ercole, C., Vegli, F., and Lepidi, A., 2001., Cellulose enzymatic hydrolysis of wheat straw after solid-state pretreatment by *Trametes trogii*: a factorial study., Annals of Microbiology, 51, hal. 215-224
- Dey, S., Maiti, T.K., and Battacharyya, 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,hal. 4216-4218
- Gozan, M., Samsuri, M., Wijanarko, A., Hermansyah, H., Dianursanti, Wulan, P.P.D.K., Utami, T.S., Prasetya, B., Nasikin, M., Watanabe, T., 2007, Pengaruh Pelapukan Jamur Putih (Hhite Rot Fungi) pada Produksi Bioethanol dari Bagas, Prosiding Seminar Nasional Diversifikasi Energi untuk Mendukung Kenajuan Industri dan Sistem Kelistrikan Nasional, UNS Surakarta
- Hossain, S M., Anantharaman, N., and Das, M., 2007, Studies on Lignin Biodegradation of Wheat Straw using *Trametes versicolor* and *Lentinus crinitus*, IE(I) Journal-CH, hal. 42-50
- 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, hal. 602-619
- Johjima, T., Itoh, N., kabuto, M., Tokimura, F., Nakagawa, T., wariishii, H., and Tanaka, H., 1999, Direct Interaction of Lignin and Lignin Peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 96, hal. 1989-1994
- Kirk, T.K. and Tien, M.,1988, Lignin Peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*, Methodes of Enzymology, 161, hal. 238-249
- Koduri, R.S., and Tien, M., 1988, Kynetic Analysis of Lignin Peroxidase : Explanation for The Mediation Phenomenon by Veratryl Alcohol, Biochemistry, 33, hal. 4225-4230

- Kumar, P, Barret, D.M., Delwiche, M.J., dan Stroeve, P., 2009, **Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Hydrolysis and Biofuel Production**, Ind. Eng. Chem. Res.
- Malherbe, S, Cloete, T.E., 2002, **Lignocellulose biodegradation : Fundamentals and applications, A review**. Environ. Sci. Biotechnol., 1, hal. 105-114.
- Martina, A., Yuli, N., dan Sutisna, M., 2002, **Optimasi beberapa Faktor Fisik terhadap Laju degradasi selulosa Kayu albasia (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dan Karboksimetil selulosa (CMC) secara Enzimatik oleh Jamur**, Jurnal Natur Indonesia, 4(2), hal. 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,hal. 607-611
- Widjadja, A, Adriyani, S., and Patrami, 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**
- Widjadja, A., Ferry, Musmariadi, 2004, **Pengaruh Berbagai konsentrasi Mediator Pada Biodelignifikasi Menggunakan Enzim Kasar Lignin Peroksidase**, JTKI, 3.hal. 71-79