

PENGARUH PERLAKUAN PENDAHULUAN DENGAN KULTUR CAMPURAN JAMUR PELAPUK PUTIH *Phanerochaete crysosporium*, *Pleurotus ostreatus* DAN *Trametes versicolor* TERHADAP KADAR LIGNIN DAN SELULOSA BAGAS

Sita Heris Anita **, Euis Hermiati *, dan Raden Permana Budi Laksana *

*** UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial, LIPI, Cibinong–Bogor, Indonesia**

*** e-mail : sita.heris@biomaterial.lipi.go.id; steris_lalune@yahoo.co.id**

Diterima : 02 Maret 2011, Revisi Akhir : 12 Oktober 2011

THE EFFECT OF FUNGAL PRETREATMENT BY MIX-CULTURE WHITE-ROT FUNGI *Phanerochaete crysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* ON LIGNIN AND CELLULOSE CONTENT OF BAGASSE

ABSTRACT

*Conversion of lignocellulosic biomass requires pretreatment in order to separate lignin from cellulose. Several methods have been introduced for pretreatment process of lignocellulosic biomass. These are physical, physico-chemical, chemical, as well as biological pretreatment. The following investigation aimed at a biological pretreatment of bagasse using mix-culture of white-rot fungi with the objective to investigate pretreatment effect on the lignin degradation of bagasse with minimum loss of cellulose content. The white-rot fungi involved *Phanerochaete crysosporium* (Pc), *Pleurotus ostreatus* (Po), and *Trametes versicolor* (Tv) on degrading lignin of bagasse with minimal losses of cellulose content 5% (w/v). The culture variation are as follows Po dan Tv (1:1), Po dan Pc (1:1), Pc dan Tv (1:1) and Po, Pc dan Tv (1:1:1) they were inoculated into steamed bagasse and incubated for 1, 2, 3, and 4 weeks respectively. Chemical analysis was done to determine the weight loss, lignin, and alphacellulose content before and after pretreatment. Optimum lignin degradation was achieved after two weeks incubation for each mix-culture. The most effective lignin degradation of mix-culture Po, Pc and Tv (25,26±1,57%) with minimum cellulose loss (17,27±3,76%).*

Key words : pretreatment, white-rot fungi, mix-culture, baggase

INTISARI

Konversi biomassa lignoselulosa membutuhkan proses perlakuan pendahuluan yang bertujuan untuk memisahkan lignin dari selulosa. Beberapa metode telah banyak diketahui untuk proses perlakuan pendahuluan biomassa lignoselulosa, diantaranya perlakuan pendahuluan secara fisika, fisika-kimia, kimia dan biologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kultur campur jamur pelapuk putih *Phanerochaete crysosporium* (Pc), *Pleurotus ostreatus* (Po), dan *Trametes versicolor* (Tv) terhadap penurunan kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal α -selulosa. Inokulum yang digunakan sebesar 5% (w/v) dengan variasi kultur Po dan Tv (1:1), Po dan Pc (1:1), Pc dan Tv (1:1) dan Po, Pc dan Tv (1:1:1). Kultur campur jamur diinokulasikan ke dalam bagas dan diinkubasi masing-masing selama 1, 2, 3, dan 4 minggu. Analisa kimia dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat, kadar lignin serta selulosa bagas sebelum dan setelah perlakuan pendahuluan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan optimal kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal α -selulosa terjadi pada waktu inkubasi dua minggu untuk setiap variasi kultur campur. Dari empat variasi kultur campur pada waktu inkubasi dua minggu menunjukkan bahwa kehilangan rata-rata lignin bagas tertinggi (25,26±1,57%) dengan kehilangan minimal α -selulosa (17,27±3,76%) terjadi pada kultur campur Pc dan Tv.

Kata kunci : perlakuan pendahuluan, jamur pelapuk putih, kultur campur, bagas

PENDAHULUAN

Biomassa lignoselulosa dapat digunakan sebagai sumber bahan baku pembuatan etanol. Hal tersebut karena bahan lignoselulosa mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam fermentasi etanol. Proses konversi biomassa lignoselulosa menjadi bioetanol pada dasarnya terdiri dari tiga tahap utama, yaitu perlakuan pendahuluan (*pretreatment*), hidrolisis selulosa dan hemiselulosa menjadi gula sederhana, dan fermentasi gula sederhana menjadi etanol (Zheng *et al.* 2009).

Struktur bahan lignoselulosa sangat kompleks terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang saling berikatan. Selulosa dan hemiselulosa tidak dapat dihidrolisis oleh enzim selulase dan hemiselulase kecuali lignin pada substrat dihilangkan terlebih dahulu. Oleh karena itu diperlukan suatu perlakuan pendahuluan untuk mendegradasi lignin. Lignin merupakan komponen yang paling sulit untuk didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen (Patel *et al.*, 2007; Bon dan Ferarra, 2007; Taherzadeh dan Karimi, 2008).

Perlakuan pendahuluan merupakan suatu tahap penting dalam proses konversi biomassa lignoselulosa yang bertujuan untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan sehingga memudahkan proses hidrolisis serta fermentasi gula (Patel *et al.*, 2007; Dawson dan Boopathy, 2008).

Lignin diketahui dapat didegradasi secara efektif oleh jamur pelapuk putih. Jamur tersebut dapat mendegradasi komponen lignoselulosa dengan bantuan enzim ekstraseluler yang dihasilkannya. Jamur pelapuk putih ada yang bersifat selektif mendegradasi lignin dan ada juga yang bersifat non selektif. *Phanerochaete crysosporius* dan *Pleurotus ostreatus* diketahui merupakan jamur yang bersifat selektif terhadap degradasi lignin (Taherzadeh dan Karimi, 2008; Suparjo, 2008). Perlakuan pendahuluan secara biologi pada umumnya menggunakan jamur pelapuk putih (*white-rot fungi*). Jamur pelapuk putih adalah jamur dari kelas *Basidiomycetes* yang efektif untuk mendegradasi lignin. Jamur tersebut memproduksi seperangkat enzim yang terlibat secara langsung dalam proses degradasi lignin.

Dua kelompok enzim yang terlibat dalam proses lignolisis adalah enzim peroksidase dan lakase. Enzim peroksidase terdiri dari dua jenis yaitu lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP). Beberapa jenis jamur pelapuk putih ada yang dapat memproduksi seluruh enzim tersebut, tetapi ada pula yang hanya dapat memproduksi satu jenis enzim lignolistik (Lobos *et al.*, 2001; Sun dan Cheng, 2002).

Jamur pada umumnya hidup di alam secara bersamaan dan saling berinteraksi. Interaksi yang terjadi diantara jamur tersebut dapat berupa interaksi yang sinergis maupun antagonis. Jamur, dalam interaksi sinergis, akan bekerjasama dalam memproduksi enzim untuk degradasi substrat. Sedangkan reaksi antagonis pada umumnya menyebabkan stress oksidatif, yang memicu terbentuknya reaktif oksigen spesies (ROS). ROS merupakan radikal bebas yang mengandung atom oksigen dan bersifat toksik bagi sel. ROS akan menyebabkan kematian jamur (Chi *et al.* 2006).

Penelitian mengenai penggunaan kultur campuran jamur pelapuk putih untuk mendegradasi lignin masih belum banyak dilakukan. Pada kultur campuran diharapkan jamur pelapuk putih yang berbeda jenis mampu bersimbiosis secara sinergis dalam mendegradasi lignin pada bahan lignoselulosa khususnya bagas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kultur campuran *Phanerochaete crysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, dan *Trametes versicolor* terhadap penurunan kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal pada kandungan α -selulosa.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bagas, isolat jamur *Phanerochaete crysosporium* (Pc), *Pleurotus ostreatus* (Po), dan *Trametes versicolor* (Tv), media *Japan Industrial Standard* (JIS) dan *Malt Extract Agar* (MEA). Alat yang digunakan adalah *disc mill*, ayakan 30-40 *mesh*, *waring blender*, inkubator, oven, autoklaf, dan peralatan gelas lainnya. Penelitian dilakukan dalam empat tahap yaitu persiapan bagas, persiapan inokulum, inokulasi kultur, dan pengujian komponen kimia bagas meliputi kadar ekstraktif, lignin, α -selulosa, dan hemiselulosa.

Persiapan Bagas

Serpihan bagas yang berasal dari Pabrik Gula Rajawali II, Pasir Bungur, Subang digiling dengan *disc mill* hingga diperoleh serbuk bagas berukuran 40-60 *mesh*. Serbuk bagas diberi air dengan perbandingan 1:3. Serbuk bagas yang telah basah kemudian dikukus selama 30 menit pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Setelah dingin, serbuk seberat 30 gram dimasukkan ke dalam botol selai dan ditambahkan 10 ml JIS *broth* pH 5 (dalam 1 L *aquades* ditambahkan 3 g KH_2PO_4 , 2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 25 g glukosa, 5 g pepton, dan 10 g *malt extract*), lalu disterilisasi dengan autoklaf, suhu 121°C selama 30 menit.

Persiapan Inokulum

Biakan jamur Pc, Po, dan Tv dikultur pada media agar miring MEA pH 5 (dalam 250 ml *aquades* ditambahkan 8,875 g MEA dan 0,125 g *chloramphenicol*) diinkubasi selama 7 hari pada suhu 27°C . Sebanyak 5 ml JIS *broth* dimasukan ke dalam setiap agar miring, jamur kemudian dirontokkan dengan *ose*. Suspensi tersebut kemudian dituangkan ke dalam 95 ml JIS *broth* pH 5 dan diinkubasi selama 10 hari dalam kondisi stasioner pada suhu 27°C . Setelah itu inokulum Pc, Po, dan Tv dihomogenkan dengan *waring blender* pada kecepatan tinggi selama dua kali 20 detik.

Inokulasi Kultur

Inokulasi dilakukan dengan cara menginokulasikan Pc, Po, dan Tv ke dalam bagas yang telah dikukus pada variasi inokulum sebesar 5% (w/v), dan variasi kultur Po dan Tv (1:1), Po dan Pc (1:1), Pc dan Tv (1:1) dan Po, Pc dan Tv (1:1:1). Media bagas yang telah diinokulasi kemudian diinkubasi pada inkubator $\pm 27^{\circ}\text{C}$ selama 4 minggu. Setiap variasi jamur dan waktu inkubasi dilakukan sebanyak tiga ulangan pada botol selai yang berbeda.

Variasi Jamur	Waktu Inkubasi (minggu)			
	1	2	3	4
Po, Tv	3*	3*	3*	3*
Po, Pc	3*	3*	3*	3*
Pc, Tv	3*	3*	3*	3*
Po, Pc, Tv	3*	3*	3*	3*

Keterangan :

* Jumlah sampel setiap variasi kultur jamur dan waktu inkubasi.

Pengujian Komponen Kimia Bagas

Pengambilan sampel bagas yang telah ditumbuhi jamur dilakukan pada setiap minggu selama 4 minggu waktu inkubasi. Bagas yang telah ditumbuhi jamur dipanaskan dengan autoklaf, suhu 121°C selama 30 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir untuk memisahkan bagas dari jamur. Bagas kemudian ditiriskan dan dikering oven pada suhu 60°C selama 3 hari. Bagas yang telah kering digunakan untuk pengujian kadar ekstraktif, lignin, α -selulosa dan hemiselulosa. Pengujian tersebut dilakukan mengacu kepada *Mokushitsu kagaku jiken manual* (2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis komposisi kimia bagas yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

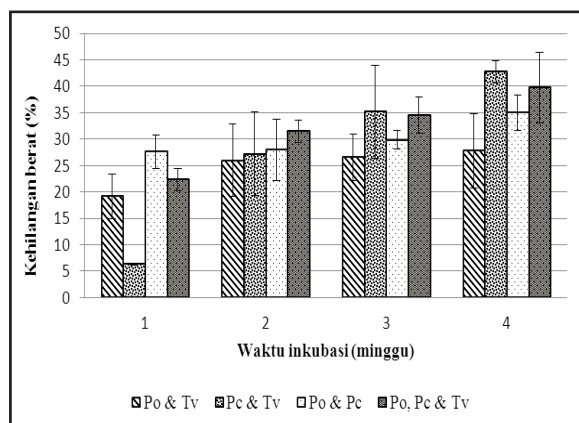
Tabel 1. Komposisi Kimia Bagas

Komponen	Jumlah (%)
Abu	1,90
Ekstraktif	4,73
Lignin	25,90
Holoseululosa	67,36
α -selulosa	36,97
Hemiselulosa	30,39

Berat Bagas

Hasil perlakuan pendahuluan menggunakan kultur campur jamur pelapuk putih secara umum menunjukkan bahwa semakin lama waktu inkubasi maka semakin tinggi kehilangan berat dari bagas (Gambar 1). Kehilangan berat dalam hal ini dapat dikarenakan oleh hilangnya komponen kimia bagas seperti zat-zat ekstraktif, lignin, selulosa, dan hemiselulosa karena proses perlakuan pendahuluan. Persentase kehilangan berat bagas dihitung sebagai perbedaan berat setelah perlakuan pendahuluan terhadap berat awal bagas. Hasil perlakuan pendahuluan setelah satu minggu inkubasi hampir pada setiap variasi kultur menunjukkan kehilangan berat yang sudah cukup tinggi yaitu $\pm 23\%$. Akan tetapi, kultur campur Pc dan Tv menunjukkan kehilangan berat yang cukup rendah yaitu $6,27 \pm 0,18\%$ setelah satu minggu inkubasi. Kehilangan berat

yang masih rendah dapat disebabkan karena pertumbuhan jamur yang belum optimum.

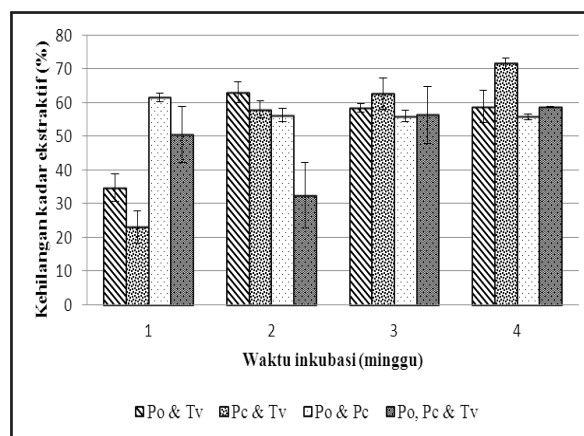


Gambar 1. Kehilangan Berat pada Bagas setelah Perlakuan Pendahuluan dengan Kultur Campur Jamur Pelapuk Putih

Pada perlakuan kultur campur Po dan Tv setelah masa inkubasi dua minggu, kehilangan berat bagas cenderung stabil sampai akhir waktu inkubasi, yaitu $25,96 \pm 6,90\%$ pada masa inkubasi dua minggu dan $27,82 \pm 7,05\%$ pada waktu inkubasi empat minggu. Perubahan kehilangan berat yang sangat signifikan terjadi pada kultur campur Pc dan Tv, sebesar $6,27 \pm 0,18\%$ pada awal inkubasi menjadi $42,72 \pm 2,04\%$ pada akhir waktu inkubasi. Perlakuan kultur campur Po dan Pc menunjukkan kehilangan berat yang cenderung stabil sampai waktu inkubasi tiga minggu, yaitu $\pm 27\%$. Perlakuan kultur campur dengan tiga jenis jamur Po, Pc, dan Tv menunjukkan kehilangan berat yang cukup tinggi pada akhir masa inkubasi yaitu sebesar $39,76 \pm 6,67\%$. Kehilangan berat bagas setelah proses perlakuan pendahuluan kultur campur jamur pelapuk putih disebabkan oleh hilangnya komponen kimia bagas seperti zat-zat ekstraktif, lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Kehilangan berat yang berbeda-beda pada setiap perlakuan kultur campur mungkin disebabkan oleh perbedaan enzim yang dihasilkan oleh masing-masing jamur dan juga berkaitan dengan sifat simbiosis atau interaksi yang terjadi pada masing-masing jamur itu sendiri. Jamur yang berinteraksi sinergis dapat bekerjasama menghasilkan enzim untuk mendegradasi substrat yang sama sehingga diperoleh proses degradasi yang bersifat selektif terhadap bahan tertentu. Menurut Chi *et al.* 2006, jamur dalam interaksi sinergis akan bekerjasama dalam memproduksi enzim untuk mendegradasi substrat.

Kadar Ekstraktif Bagas

Kehilangan kadar ekstraktif setelah perlakuan pendahuluan menggunakan kultur campur rata-rata menunjukkan peningkatan seiring lamanya waktu inkubasi (Gambar 2).



Gambar 2. Kehilangan Kadar Ekstraktif pada Bagas setelah Perlakuan Pendahuluan dengan Kultur Campur Jamur Pelapuk Putih

Persentase kehilangan kadar ekstraktif terjadi pada kisaran 20% sampai 70% selama waktu inkubasi satu sampai empat minggu. Pada waktu inkubasi satu minggu, kehilangan kadar ekstraktif tertinggi terjadi pada kultur campur Po dan Pc, yaitu $61,49 \pm 1,23\%$, dan terendah pada kultur campur Pc dan Tv sebesar $23,06 \pm 4,88\%$. Peningkatan kehilangan kadar ekstraktif cukup tinggi terjadi pada waktu inkubasi dua minggu terutama pada kultur campur Po dan Tv dan Pc dan Tv. Pada kultur campur Po dan Pc dan Po, Pc, Tv kehilangan kadar ekstraktif tidak meningkat secara signifikan bahkan cenderung mengalami penurunan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya senyawa-senyawa hasil metabolisme jamur yang masih terakumulasi pada media bagas. Senyawa hasil metabolisme jamur tersebut bersifat tidak larut dengan pelarut organik sehingga pada saat pengujian terukur sebagai kadar ekstraktif. Senyawa-senyawa hasil metabolisme jamur dapat berupa karbohidrat, asam amino, lemak, protein, senyawa aromatik, senyawa alifatik, dan senyawa fenolik (Moore-Landecker, 1996).

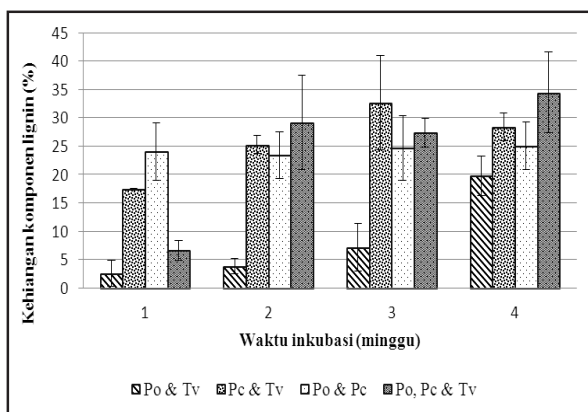
Zat ekstraktif adalah salah satu komponen kimia bagas yang ikut terdegradasi dalam proses perlakuan pendahuluan, merupakan senyawa-senyawa yang larut dalam pelarut organik. Pada bahan lignoselulosa biasanya terdiri dari senyawa

terpena, lignan, stilbena, flavanoid, lemak, lilin, asam lemak, alkohol, steroid, hidrokarbon tinggi dan beberapa senyawa aromatis lain (Fengel dan Wegener, 1989). Senyawa-senyawa tersebut ikut terdegradasi oleh jamur sehingga terjadi penurunan kadar ekstraktif. Adanya zat ekstraktif pada bahan lignoselulosa dapat menghambat proses fermentasi untuk produksi etanol.

Kadar Lignin, α -selulosa, dan Hemiselulosa Bagas

Komponen lignin, α -selulosa, dan hemiselulosa juga ikut terdegradasi pada proses perlakuan pendahuluan. Pada perlakuan pendahuluan dengan jamur pelapuk putih selain penurunan kadar lignin pada suatu bahan, perlu diperhatikan juga kadar α -selulosa. Perlakuan yang paling baik adalah perlakuan yang menghasilkan penurunan kadar lignin yang cukup tinggi namun kehilangan minimal pada komponen α -selulosa. Hal tersebut karena α -selulosa nantinya yang akan digunakan sebagai sumber gula dalam proses fermentasi etanol.

Persentase kehilangan komponen lignin cenderung mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu inkubasi (Gambar 3).

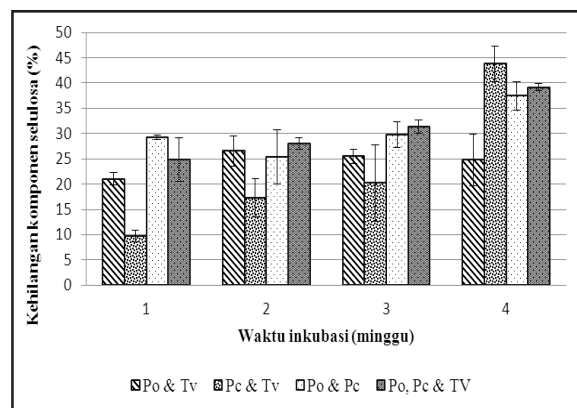


Gambar 3. Kehilangan Lignin pada Bagas setelah Perlakuan Pendahuluan dengan Kultur Campur Jamur Pelapuk Putih

Pada kultur campur Po dan Tv, persentase kehilangan lignin terlihat masih rendah sampai masa inkubasi tiga minggu, yaitu $\pm 4\%$. Kehilangan lignin mulai meningkat pada waktu inkubasi empat minggu, yaitu $19,82 \pm 3,49\%$. Kehilangan lignin pada kultur campur Pc dan Tv dan Po dan Pc sudah cukup tinggi saat waktu inkubasi satu minggu, berturut-turut yaitu sebesar

$17,48 \pm 0,01\%$ dan $24,03 \pm 5,07\%$. Akan tetapi kehilangan lignin pada kultur campur Po dan Pc cenderung stabil sampai akhir waktu inkubasi, yaitu $\pm 24\%$. Perlakuan kultur campur dengan tiga jenis jamur Po, Pc, dan Tv pada waktu inkubasi satu minggu menunjukkan persentase kehilangan lignin masih rendah $6,69 \pm 1,74\%$. Kehilangan lignin meningkat secara signifikan pada kultur campur Po, Pc dan Tv saat waktu inkubasi empat minggu, yaitu sebesar $29,18 \pm 8,34\%$.

Persentase kehilangan α -selulosa minimal terjadi pada waktu inkubasi satu minggu yaitu pada kisaran 9-29%. Semakin lama waktu inkubasi maka peningkatan kehilangan α -selulosa semakin tinggi. Akan tetapi pada waktu inkubasi satu minggu kehilangan komponen lignin pada bagas rata-rata masih berada pada tingkat minimal (Gambar 4).

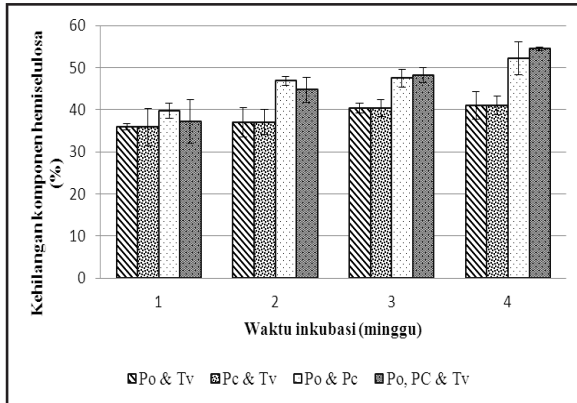


Gambar 4. Kehilangan α -selulosa pada Bagas setelah Perlakuan Pendahuluan dengan Kultur Campur Jamur Pelapuk Putih

Kehilangan komponen lignin terlihat cukup meningkat pada waktu inkubasi dua minggu. Pada waktu inkubasi tersebut penurunan kadar α -selulosa juga tidak jauh berbeda dengan waktu inkubasi satu minggu pada setiap variasi kultur campur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan optimal kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal α -selulosa terjadi pada waktu inkubasi dua minggu untuk setiap variasi kultur campur, kecuali pada variasi Po dan Pc.

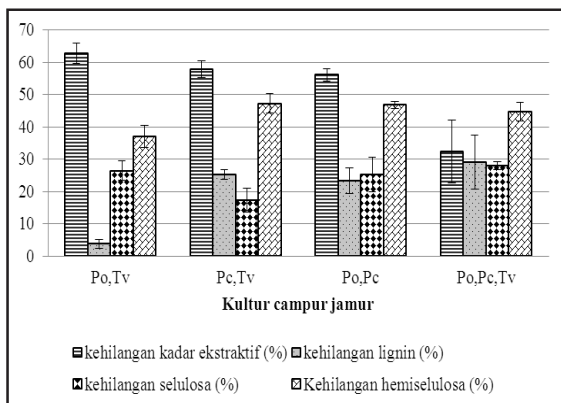
Persentase kehilangan hemiselulosa terjadi pada kisaran 38% sampai 50% selama waktu inkubasi satu sampai empat minggu. Kehilangan hemiselulosa tidak terlalu tinggi pada waktu inkubasi satu dan dua minggu (Gambar 5). Komponen hemiselulosa pada bagas dapat memberikan kontribusi terhadap rendemen

bioetanol jika pada proses selanjutnya digunakan mikroba seperti *Zymomonas mobilis*. Mikroba tersebut dapat memfermentasi baik heksosa maupun pentosa (Knauf dan Moniruzzaman, 2004). Oleh karena itu rendahnya kehilangan hemiselulosa pada contoh yang diberi perlakuan merupakan suatu keuntungan tersendiri.



Gambar 5. Kehilangan Hemiselulosa pada Bagas setelah Perlakuan Pendahuluan dengan Kultur Campur Jamur Pelapuk Putih

Pengaruh penggunaan empat variasi kultur campur jamur pelapuk putih pada waktu inkubasi dua minggu menunjukkan bahwa persentase kehilangan rata-rata lignin bagas tertinggi dengan kehilangan minimal α -selulosa terjadi pada kultur campur antara Pc dan Tv berturut-turut sebesar 25, 26 \pm 1,57 % dan 17, 27 \pm 3,76 %. Pada kultur campur Po dan Pc dan Po, Pc, Tv menunjukkan pola kehilangan lignin sebanding dengan kehilangan α -selulosa, yaitu \pm 26 % (Gambar 6).



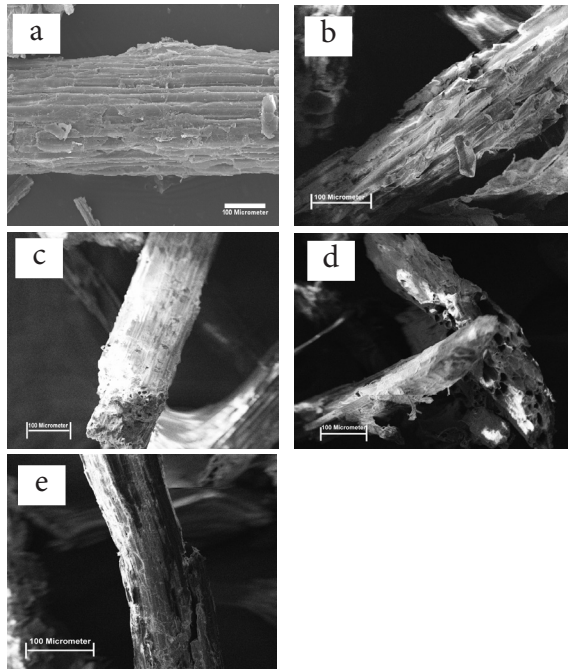
Gambar 6. Kehilangan Komponen Kimia pada Bagas setelah Perlakuan Pendahuluan dengan Kultur Campur Jamur Pelapuk Putih selama 2 Minggu

Pola berbeda terlihat pada kultur campur Po dan Tv. Pada kultur campur tersebut persentase kehilangan α -selulosa lebih besar jika dibandingkan dengan penurunan lignin. Berdasarkan data hasil perlakuan pendahuluan menggunakan empat variasi kultur campur jamur pelapuk putih selama masa inkubasi empat minggu, menunjukkan bahwa perlakuan pendahuluan kultur campur dengan waktu inkubasi dua minggu telah memberikan hasil rata-rata yang cukup efektif dalam penurunan kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal pada komponen α -selulosa. Waktu inkubasi yang diperlukan dalam pendegradasian lignin oleh kultur campur ternyata lebih singkat jika dibandingkan dengan menggunakan kultur tunggal. Hasil penelitian sebelumnya (Anita *et al.* 2009) yaitu perlakuan pendahuluan pada bagas dengan kultur tunggal menggunakan *Trametes versicolor* (Tv) dan *Pleurotus ostreatus* (Po) diperlukan waktu inkubasi empat minggu untuk mendapatkan hasil yang cukup efektif dalam penurunan kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal pada komponen α -selulosa. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan pada bagas dengan kultur tunggal menggunakan *Trametes versicolor* (Tv) dan *Pleurotus ostreatus* (Po) menunjukkan bahwa kultur tunggal Tv ternyata relatif aman terhadap degradasi α -selulosa dibandingkan Po. Berdasarkan hal tersebut maka kultur campur yang menggunakan jamur *Pleurotus ostreatus* menyebabkan penurunan α -selulosa yang lebih besar jika dibandingkan dengan penurunan lignin.

Perbedaan pola degradasi tersebut mungkin disebabkan perbedaan jenis jamur yang digunakan sehingga pola interaksi yang terbentuk diantara jamur juga berbeda. Pola interaksi yang terjadi diantara jamur terdapat dalam tiga bentuk. Interaksi tersebut yaitu interaksi antagonis yang menghasilkan eksploitasi nutrisi yang sangat cepat, interaksi *deadlock* yaitu suatu interaksi dimana masing-masing jamur mempunyai daerah teritori sendiri sehingga hifa jamur yang satu tidak bisa berinteraksi dengan hifa jamur yang lain, dan interaksi sinergis yaitu interaksi yang membentuk suatu kerjasama diantara jamur dalam menghasilkan enzim untuk mendegradasi substrat yang sama (Boddy, 2000).

Hasil pengamatan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) terhadap bagas sebelum dan sesudah perlakuan pendahuluan selama 2 minggu inkubasi dapat dilihat pada

Gambar 7. Pada Gambar 7a terlihat serat bagas yang masih utuh, sedangkan pada Gambar 7b, c, d dan e tampak jelas serat bagas yang sudah terdegradasi dan terkoyak berturut-turut oleh variasi kultur campur antara Po dan Tv; Po dan Pc; Pc dan Tv; Po,Pc, dan Tv.



Gambar 7. Hasil SEM Bagas pada Perbesaran 100 Mikrometer
a. Perlakuan Pendahuluan,
b. Perlakuan Pendahuluan Po dan Tv,
c. Perlakuan Pendahuluan Po dan Pc,
d. Perlakuan Pendahuluan Pc dan Tv,
e. Perlakuan Pendahuluan Po, Pc dan Tv.

KESIMPULAN

Perlakuan pendahuluan kultur campur dengan waktu inkubasi dua minggu telah memberikan hasil rata-rata yang cukup efektif dalam penurunan kadar lignin bagas dengan kehilangan minimal pada komponen α -selulosa. Waktu inkubasi yang diperlukan dalam pendegradasian lignin oleh kultur campur ternyata lebih singkat yaitu selama dua minggu jika dibandingkan dengan menggunakan kultur tunggal yang membutuhkan waktu inkubasi selama empat minggu. Penggunaan kultur campur jamur pelapuk putih yang paling efektif dalam penurunan lignin ($25,26 \pm 1,57\%$) dan dengan kehilangan minimal selulosa ($17,27 \pm 3,76\%$) pada bagas adalah kultur campur antara jamur *Phanerochaete crysosporium* (Pc) dan *Trametes*

versicolor (Tv). Dengan semakin singkatnya masa inkubasi maka peluang penerapan perlakuan pendahuluan menggunakan cara biologis menjadi semakin besar, karena salah satu kendala dalam penggunaan cara biologis adalah waktu inkubasi yang relatif lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, S.H., T. Fajriyani, Fitria, R.A. Ermawar, D.H.Y. Yanto, dan E. Hermiati. 2009. Perlakuan pendahuluan Bagasse Menggunakan Kultur Tunggal dan Kultur Campuran Jamur Pelapuk Putih *Trametes versicolor* dan *Pleurotus ostreatus*. *Proceedings Of Biomass Utilization for Alternative energy and Chemicals Seminar*. Bandung, pp. 137-144.
- Boddy, L., 2000. Interspecific combative interactions between wooddecaying basidiomycetes. *FEMS Microbiology Ecology*. Vol. 31, 185-194.
- Bon, E.P.S. dan M.A. Ferarra. 2007. Bioethanol Production via Enzymatic Hydrolysis of Cellulosic Biomass. Publishing, <http://www.fao.org/biotech/seminaroct2007.htm>. 2007
- Chi, Y., A. Hatakk, dan P. Maijala. 2006. Can co-culturing of two-white rot fungi increase lignin degradation and the production of lignin-degrading enzymes?. *Elsevier*, 32-39.
- Dawson, L. dan R. Boopathy. 2008. Cellulosic ethanol production from sugarcane bagasse without enzymatic saccharification. *Bioresources*. Vol. 3, No. 2, 452-460.
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1989. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Knauf, M. dan M. Moniruzzaman. 2004. Lignocellulosic biomass processing: A perspective. *International Sugar Journal*. Vol. 106, No. 1263, 147-150.
- Lobos, S., M. Tello, R. Polanco, L.F. Larrondo, A. Manubens, L. Salas, dan R. Vicuna. 2001. Enzymology and molecular genetics of the ligninolytic system of the basidiomycete *Ceriporiopsis subvermispora*. *Current Science*. Vol. 81, No. 8, 992-997.
- Mokushitsu Kagaku Jiken Manual. 2000. *Japan Wood Research Society Publisher*.
- Moore-Landecker, E. 1996. *Fundamentals of the fungi*. 4th ed. Prentice-Hall, Inc, New Jersey.

- Patel, S.J., DR.R. Onkarappa, dan K.S. Sobha. 2007. Fungal perlakuan pendahuluan studies on rice husk and bagasse for ethanol production. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 6. No. 4, 1921—1926.
- Sun, Y., dan J. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review, *Bioresource Technology*. Vol. 83, 1—11.
- Suparjo. 2008. Degradasi komponen lignoselulosa oleh kapang pelapuk putih. Publishing, *Jajo66.wordpress.com*.
- Taherzadeh, M.J. dan K. Karimi. 2008. Perlakuan pendahuluan of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 9, 1621—1651.
- Zheng, Y., Z. Pan, dan R. Zhang. 2009. Overview of biomass perlakuan pendahuluan for cellulosic ethanol production. *International Journal Agricultural dan Biological Engineering*. Vol. 2. No. 3, 51—68.