

Degradasi komponen serat serbuk gergaji hasil biokonversi jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan level urea berbeda

Degradation fibre components of sawdust as the yield of bioconversion using Oyster mushroom (*Pleurotus oastreatus*) supplemented with different levels of urea

Rip Krishaditersanto*

Balai Besar Pelatihan Peternakan Kupang
Jl. Timor Raya, Km. 17, Kab. Kupang.NTT

Submitted: 10 July 2018, Accepted: 01 August 2018

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi urea pada substrat terhadap persentase penurunan kandungan komponen serat kasar serbuk gergaji hasil biokonversi oleh jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan lama inkubasi 40 hari. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 4 level yaitu: P₀ = substrat serbuk gergaji + 0% urea; P₁ = substrat serbuk gergaji + 0,5% urea; P₂ = substrat serbuk gergaji + 1% urea; P₃ = substrat serbuk gergaji + 1,5% urea; P₄ = substrat serbuk gergaji + 2% urea, dengan 3 ulangan pada masing-masing perlakuan. Parameter yang diamati meliputi persentase perubahan kandungan komponen serat meliputi: Neutral Detergent Fibre [NDF], Acid Detergent Fibre [ADF], hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Dari pengamatan pada P₂ terlihat bahwa pertumbuhan miselium adalah yang terbaik dibandingkan perlakuan lain. Persentase penurunan kandungan semua komponen serat pada P₂ adalah yang paling tinggi. Analisis data menggunakan analisis variansi yang dilanjutkan uji jarak berganda Duncan (DMRT) menunjukkan bahwa suplementasi urea berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap persentase penurunan kandungan NDF, ADF, hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Pada level suplementasi urea sebesar 1% menghasilkan persentase penurunan semua komponen serat kasar tersebut.

Kata kunci: jamur tiram putih, serbuk gergaji, urea, biokonversi

ABSTRACT: This study aims to determine the effect of urea supplementation on substrate to the change percentage content of crude fibre component of sawdust as the yield of bioconversion by *Pleurotus ostreatus* with 40 days incubation period. The design used was Complete Random Design (CRD) with 4 levels of urea that is P₀ = sawdust substrate + 0% urea; P₁ = sawdust substrate + 0.5% urea; P₂ = sawdust substrate + 1% urea; P₃ = sawdust substrate + 1.5% urea; and P₄ = sawdust substrate + 2% urea, with 3 replicates at each treatment. The parameters observed were the change percentage content of Neutral Detergent Fibre (NDF), Acid Detergent Fibre (ADF), hemicellulose, cellulose, and lignin. From the observation on the growth of mycelium seen on P₂ is the best. The percentage decrease in the content of all fiber components in P₂ is the highest. Analyzed data using analysis of variance, showed that urea supplementation had significant effect (P < 0,05) to the change percentage content of Neutral Detergent Fibre (NDF), Acid Detergent Fibre (ADF), hemicellulose, cellulose, and lignin. Bioconversion of sawdust by *Pleurotus ostreatus* with level of urea supplementation 1% yields the highest of the change percentage content of crude fibre component.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, sawdust, urea, bioconversion

PENDAHULUAN

Kayu dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia, mulai dari pembuatan

rumah, perabot, kertas dan tissu. Tanpa kita sadari pada saat mengolah kayu menjadi produk yang diinginkan menghasilkan

limbah berlignoselulosa berupa serbuk gergaji yang jumlahnya tidak sedikit, akan tetapi pemanfaatannya terbatas. Karena dihasilkan oleh tanaman serbuk gergaji seperti halnya jerami padi maupun limbah pertanian lainnya serbuk gergaji mengandung selulosa maupun hemiselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ruminansia. Ternak tersebut mampu mencerna pakan yang berasal dari tanaman untuk diubah menjadi daging maupun susu. Akan tetapi pemanfaatan selulosa maupun hemiselulosa sebagai sumber energi ternak ruminansia tersebut terkendala oleh ikatan yang kuat antara lignin, selulosa dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa dan lignohemiselulosa. Seperti dijelaskan oleh Van Soest (1994) bahwa keberadaan lignin dalam pakan akan mempengaruhi proses pencernaan karena berikatan dengan karbohidrat terutama selulosa dan hemiselulosa, ikatan ini menghambat kerja enzim pencernaan dan tahan terhadap serangan enzim mikroba rumen. Menurut Betts *et al.* (1991) komposisi komponen serat untuk kayu keras adalah selulosa 40-55%, hemiselulosa 24-40%, dan lignin 18-25%, sedangkan untuk kayu lunak adalah selulosa 45-50%, hemiselulosa 25-35%, dan lignin 25-35%. Bahkan menurut Tillman, *dkk* (1984) lignin merupakan bagian dari tanaman yang tidak dapat dicerna dan berikatan kuat dengan selulosa serta hemiselulosa, oleh karena itu sebelum diberikan pada ternak komponen serat yang berikatan dengan lignin harus dirombak terlebih dahulu.

Untuk mendegradasi lignoselulosa dapat dilakukan secara kimiawi misalkan dengan penggunaan asam maupun basa, akan tetapi cara tersebut tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan cara biologi yaitu dengan memanfaatkan jamur tiram putih yang menghasilkan enzim-enzim yang mampu mendegradasi lignin yaitu Lignin Peroksidase, Manganese Peroksidase dan lakase. Dalam pertumbuhannya jamur ini membutuhkan nitrogen (N) (Yuliastuti dan Susilo., 2003), akan tetapi kandungan N dalam serbuk gergaji rendah. Menurut Ibrahim (2013), kandungan protein kasar

serbuk gergaji 4,63% atau setara dengan 0,74% N. Karena itu pada penelitian ini menambahkan urea pada substrat sebagai sumber N bagi pertumbuhan jamur tiram putih.

MATERI DAN METODE

Materi dalam penelitian ini adalah serbuk gergaji dari penggergajian kayu di kota kupang dan bahan additif yang terdiri dari 10% dedak; 1,5% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,5% CaCO_3 ; dan air. Bahan-bahan tersebut dicampur hingga homogen dan ditambah air kurang lebih 70% yang ditandai ketika dikepal menggumpal tapi air tidak menetes. Campuran ini selanjutnya disebut substratawal.

Rancangan percobaan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktor tunggal dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 15 unit percobaan. Kelima perlakuan tersebut adalah: P0 substrat+ 0 % urea; P1 substrat+ 0,5% urea; P2 substrat+ 1% urea; P3 substrat + 1,5% urea; dan P4 substrat+ 2% urea.

Urea ditambahkan pada substrat awal sesuai perlakuan, kemudian dimasukan dalam kantong plastik polipropilen ukuran diameter 18cm ketebalan 0,5cm lalu dipadatkan hingga tinggi 20cm, selanjutnya ujung plastik disatukan dan dipasang cincin yang terbuat dari pipa pralon 0,5inch, lobang cincin ditutup dengan kapas dan selanjutnya dilakukan sterilisasi selama 2 jam pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm (Kerem *et al.*, 1992), kemudian didinginkan selama 12 jam. Substrat diinokulasi dengan inokulum jamur tiram putih berumur 5-6 minggu dengan dosis 25g/kg sebagai dosis terbaik (Ghunu, 1998). Setelah diinokulasi baglog disusun di rak dalam ruang inkubasi selama 40 hari, setelah itu masing-masing baglog dibuka lalu dicampur hingga homogen. Setelah itu sampel dikeringkan menggunakan oven selama 48 jam pada suhu 60°C , lalu digiling untuk analisis kandungan komponen seratnya.

Parameter yang diamati meliputi persentase perubahan kandungan komponen serat meliputi: Neutral Detergent Fibre [NDF], Acid Detergent Fibre [ADF], Hemiselulosa, Selulosa, dan

Lignin. Penghitungan persentase perubahan kandungan komponen serat sebagai berikut :

$$\text{Persentase Perubahan} = \frac{\text{Kandungan substrat awal} - \text{kandungan hasil biokonversi}}{\text{Kandungan substrat awal}} \times 100\%$$

Data yang terkumpul dianalisis dengan One Way Analysis of Variance (Anova), dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan Multiple Range Test* [DMRT]) untuk mengetahui respon perlakuan terhadap kandungan kandungan komponen serat kasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan terhadap pertumbuhan miselium pada hari ke-40 tampak pada P₀ dan P₄ miselium belum seluruhnya menutup secara merata pada permukaan baglog, sedangkan pada P₁, P₂, dan P₃ miselium

sudah menutup seluruh permukaan baglog, pada P₂ miselium terlihat lebih tebal dan merata menutup seluruh permukaan baglog. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa pertumbuhan miselium pada P₂ adalah yang terbaik.

Terjadi penurunan kandungan semua komponen serat substrat serbuk gergaji pada semua level urea. Rataan persentase perubahan kandungan komponen serat substrat serbuk gergaji hasil biokonversi jamur tiram putih selama 40 hari dengan level urea berbeda disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Persentase Penurunan Kandungan Komponen Serat Substrat Serbuk Gergaji Hasil Biokonversi Jamur Tiram Putih.

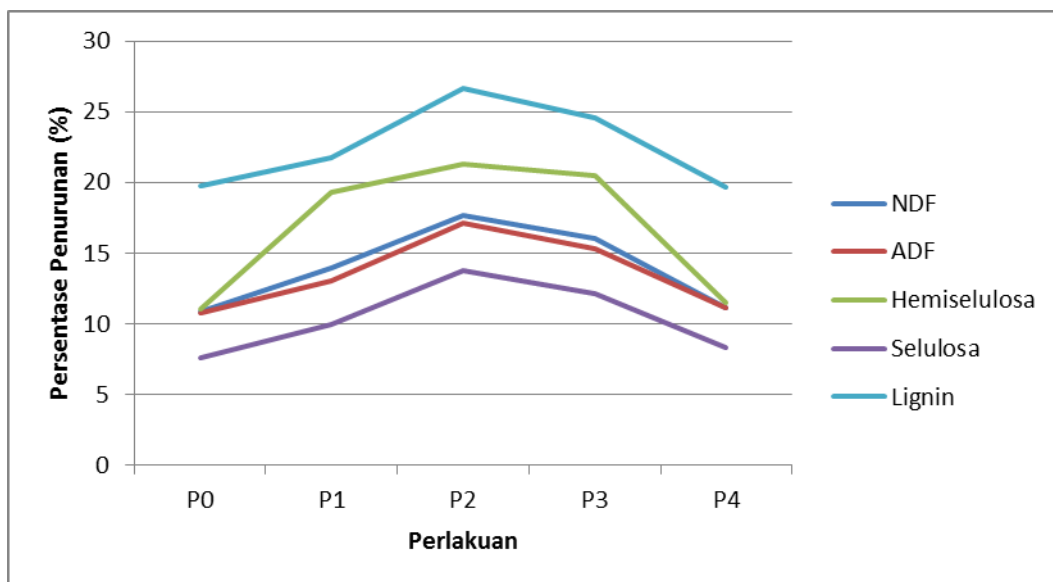
Komponen Serat	Perlakuan				
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
NDF	10,83±0,39 ^a	13,94±0,20 ^b	17,71±0,47 ^d	16,07±0,35 ^c	11,17±0,29 ^a
ADF	10,79±0,31 ^a	13,02±0,23 ^b	17,10±0,78 ^d	15,34±0,28 ^c	11,12±0,34 ^a
Hemiselulosa	11,05±1,23 ^a	19,30±0,10 ^b	21,34±1,38 ^c	20,44±0,79 ^{bc}	11,49±1,08 ^a
Selulosa	7,63±0,05 ^a	9,91±0,13 ^b	13,80±1,54 ^d	12,10±0,48 ^c	8,28±0,45 ^a
Lignin	19,75±1,45 ^a	21,78±0,81 ^a	26,66±0,56 ^b	24,60±1,69 ^b	19,68±0,83 ^a

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama berbeda nyata (P<0,05)

Analisa statistik menunjukkan bahwa level urea memberikan pengaruh nyata (P<0,05) terhadap persentase penurunan NDF, ADF, hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa pada level suplementasi urea 1% P₂ persentase penurunan kandungan semua

komponen serat nyata (P<0,05) lebih tinggi dibanding perlakuan lain.

Pola persentase penurunan kandungan komponen serat substrat serbuk gergaji hasil bikonversi jamur tiram putih dengan level urea tergambar pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Persentase Perubahan Kandungan Komponen Serat

Dari grafik diatas terlihat bahwa persentase penurunan komponen serat meningkat dari P₀ dan puncaknya pada P₂ lalu mulai menurun pada P₃ hingga P₄. Penurunan kandungan komponen serat sebagai akibat perombakan komponen tersebut oleh enzim-enzim yang dihasilkan oleh miselium jamur tiram putih. Pada P₂ dengan persentase penurunan komponen yang paling tinggi diduga sebagai akibat pertumbuhan miselium yang lebih baik, dibandingkan perlakuan lain sehingga enzim yang dihasilkan oleh miselium juga lebih banyak. Sesuai dengan pendapat Kassim *et al.*, (1986) dan Hardjo dkk., (1989), bahwa pertumbuhan miselium yang lebih banyak berkorelasi positif dengan jumlah enzim yang dihasilkan.

Dalam substrat, urea akan terurai dan membentuk amonium hidroksida (NH₄OH) sebagai sumber N bagi pertumbuhan jamur tiram putih. Level urea hingga 1% pada substrat akan memperbaiki pertumbuhan miselium jamur tiram putih, akan tetapi jika level urea dinaikan menjadi 1,5 dan 2% (P₃ dan P₄) diduga menyebabkan jumlah amonium dalam substrat berlebih dan akan menghambat pertumbuhan jamur. Hal tersebut sesuai pendapat Yuliasuti dan Susilo (2003), bahwa jamur menggunakan nitrogen terutama dalam bentuk amonium sebagai pemasok N untuk pertumbuhannya, akan tetapi jumlah amonium bebas yang berlebih akan bersifat toksik sehingga

menghambat pertumbuhan jamur tersebut. Selaras dengan penelitian Noferdiman (2008) melaporkan bahwa pada level urea 2% justru terjadi penurunan pertumbuhan miselium jika dibandingkan pada level urea 1,5% pada jamur *Phanerochaete chrysosporium* yang juga termasuk jamur pelapuk putih (*white root fungi*).

Penurunan kandungan NDF sebagai akibat dari aktivitas enzim yang dihasilkan oleh jamur tiram putih untuk mendegradasi bahan-bahan organik (hemiselulosa dan selulosa) menjadi monosakarida (Ghunu, 1998). Dalam analisa fraksi serat Van Soest, hemiselulosa dan selulosa ini akan larut dalam deterjen netral, sehingga degradasi keduanya menjadi monosakarida akan terbawa larut oleh larutan NDS menyebabkan kadar NDF menurun (Reksohadiprodjo, 1998). Dari pengamatan terlihat bahwa pertumbuhan miselium jamur pada P₂ adalah yang paling baik sehingga enzim-enzim yang dihasilkan oleh jamur juga paling banyak sesuai pendapat Kassim *et al.*, (1986) dan Hardjo dkk., (1989) pertumbuhan miselium berkorelasi positif dengan enzim yang dihasilkan. Oleh karena itu penurunan kandungan NDF pada P₂ yang paling besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Penurunan ADF sebagai akibat dari degradasi hemiselulosa dan selulosa oleh enzim yang dihasilkan miselium jamur tiram putih yaitu enzim hemiselulase dan

selulase. Hal ini didukung oleh Hadar *et al.* (1993) yang menyatakan bahwa jamur tiram putih mengeluarkan enzim hemiselulase dan selulase untuk mendegradasi selulosa dan hemiselulosa. Penurunan kandungan hemiselulosa substrat serbuk gergaji hasil biokonversi disebabkan oleh degradasi hemiselulosa menjadi araban, galaktan, dan xylan oleh enzim hemiselulase (Wolford, 1984). Enzim pendegradasi hemiselulosa adalah kelompok enzim hemiselulase yang dihasilkan oleh miselium jamur tiram putih (Chang dan Miles, 1989), hemiselulosa terdegradasi menjadi produk yang mudah larut dalam air akibatnya kandungan hemiselulosa menurun, sedangkan kandungan isi sel akan meningkat.

Penurunan kandungan selulosa sebagai akibat degradasi selulosa oleh enzim selulase kompleks yang dihasilkan jamur tiram putih menjadi molekul-molekul sederhana dan produknya berupa oligosakarida, trisakarida, disakarida, mono sakarida, glukosa, CO₂, dan H₂O dalam proses anhidroglukosa. Jamur tiram putih menghasilkan enzim-enzim yang mendegradasi lignin dan komponen polisakarida atau yang lebih dikenal dengan enzim lignoselulolitik. Enzim ini mengakibatkan menipisnya dinding sel serat serta melepaskan material-material lignin, sehingga membentuk pola sarang lebah. Oleh karena lignin dan selulosa terdegradasi menyebabkan struktur dinding sel menjadi renggang, rapuh, dan hancur (Hadar *et al.*, 1993). Menurut Kerem *et al.* (1992); Hadar *et al.* (1993), serta Widiastuti dan Panji (2008), jamur tiram putih menghasilkan enzim lakase. Lebih lanjut dijelaskan bahwa jamur tiram putih menghasilkan enzim lignolitik yaitu lignin peroxidase (Li-P), manganese peroxidase (Mn-P), dan lakase. Aktivitas enzim Mn-P, Li-P, dan lakase maksimum pada fase vegetatif, ketiga enzim tersebut yang bertanggungjawab terhadap pemecahan awal polimer lignin dan menghasilkan produk dengan berat molekul rendah pada jamur pelapuk putih (Akhtar *et al.*, 1997). Lignin peroksidase merupakan enzim peroksidase ekstraseluler mengandung

heme yang aktivitasnya tergantung H₂O₂, mempunyai potensial redoks yang sangat besar pada pH optimum yang rendah (Gold dan Alic, 1993). Menurut Akhtar *et al.* (1997), Li-P mengoksidasi inti aromatik (fenolik dan non-fenolik) melalui pelepasan satu elektron menghasilkan radikal kation dan fenoksi. Seperti halnya Li-P, Mn-P juga merupakan *heme* peroksidase ekstraseluler, hanya saja enzim ini membutuhkan Mn²⁺ sebagai substrat pereduksinya (Steffen, 2003). Selanjutnya dijelaskan bahwa Mn-P mengoksidasi Mn²⁺ menjadi Mn³⁺ yang kemudian mengoksidasi struktur fenolik menjadi radikal fenoksil (Cui dan Dolphin., 1990). Dibanding dengan Li-P, kemampuan redoks sistem Mn-P-Mn lebih rendah dan lebih banyak mengoksidasi substrat fenolik (Vares, 1996). Enzim lignolitik yang ketiga adalah lakase merupakan fenol oksidasi yang mengandung tembaga, enzim ini tidak membutuhkan H₂O₂, tetapi menggunakan molekul oksigen (Thurston. 1994). Selanjutnya dijelaskan bahwa lakase mereduksi O₂ menjadi H₂O dalam substrat fenolik melalui reaksi satu elektron membentuk radikal bebas yang dapat disamakan dengan radikal kation yang terbentuk pada reaksi Mn-P (Kersten *et al.*, 1990). Jamur tiram putih menghasilkan enzim hidrolitik yaitu: selulase, xylanase, dan tanase; enzim inilah yang mendegradasi selulosa dan hemiselulosa (Luz *et al.*, 2012). Aktivitas tertinggi enzim oksidatif jamur tiram putih pada umumnya pada saat fase vegetatif (Widiastuti dan Panji, 2008) dan mulai terlihat 10 hari setelah inokulasi (Luz *et al.*, 2012).

Pada penelitian ini terlihat bahwa persentase penurunan kandungan lignin adalah yang tertinggi antara 19,75-26,66% (Tabel 1) dibandingkan persentase penurunan komponen serat lainnya, terlihat pula bahwa grafik persentase penurunan kandungan lignin berada paling atas (Gambar 1). Kondisi ini sesuai dengan pendapat Villas-Boas *et al.* (2002) yang menjelaskan bahwa lignin dapat didegradasi oleh berbagai jenis mikroorganisme, akan tetapi golongan jamur pelapuk putih (*white-rot fungi*) adalah yang paling efektif dimana jamur

tiram putih termasuk golongan jamur pelapuk putih. Dengan lebih banyak lignin yang terdegradasi makan akan menguntungkan dalam pengolahan limbah berlignoselulosa menjadi pakan ruminansia karena lignin merupakan penghambat pemanfaatan selulosa dan hemiselulosa sebagai sumber energi ternak ruminansia (Tillman dkk. 1984)

Menurut Fadilah dkk. (2008) semakin lama waktu inkubasi jumlah lignin yang hilang semakin besar. Selanjutnya dijelaskan pula bahwa pada kurva degradasi lignin batang jagung oleh *Phanerochaete chrysosporium* sampai inkubasi satu bulan mempunyai lereng yang yang besar sehingga jika inkubasi diperpanjang dimungkinkan jumlah lignin terdegradasi juga meningkat. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa jamur masih dalam fase vegetatif, dimana pada fase vegetatif hingga primodia produksi enzim lignolitik (lakase, MnP dan LiP) adalah yang tertinggi (Widiastuti dan Panji. 2008) oleh karena itu tidak menutup kemungkinan dengan memperpanjang lama inkubasi lignin yang terdegradasi akan lebih banyak.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan kandungan komponen serat substrat serbuk gergaji hasil biokonversi jamur tiram putih tertinggi dicapai pada level urea 1%, dan masih memungkinkan untuk memperpanjang lama inkubasi agar jumlah lignin terdegradasi lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, M., Blanchette, R. A., & Kent Kirk, T. 1997. Fungal delignification and biomechanical pulping of wood. Dalam K.-E. L. Eriksson, W. Babel, H. W. Blanch, C. L. Cooney, S.-O. Enfors, K.-E. L. Eriksson, ... C. Wandrey (Ed.), *Biotechnology in the Pulp and Paper Industry* (hlm. 159–195). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Betts, W.B., R.K. Ball A.S., and Pedlar, S.L. 1991. Biosynthesis and Structure

of Lignocellulose. In Betts (eds) *Biodegradation: Natural and Synthetic Materials*. Berlin, Germany : Springer-Verlag, pp. 139-155.

Chang, S. T., & Miles, P. G. 1989. *Edible mushrooms and their cultivation*. Boca Raton: CRC Press.

Cui, F., and D. Dolphin. 1990. The Role of Manganese in Model Systems Related to Lignin Biodegradation. *Holzforchung*, 44 (4), 279-283.

Fadilah., S. Distantina., E. K. Artati, dan A. Jumari. 2008. Bidelignifikasi Batang Jagung dengan Jamur Pelapuk Putih *Phanerochaete chrysosporium*. *Ekulilibrium*,7(1): 7-11.

Ghunu, S. 1998. Efek Dosis Inokulum dan Lama Biokonversi Ampas Tebu Sebagai Bahan Pakan oleh Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Terhadap Kandungan Serat, Protein Kasar, dan Energi Dapat Dicerna Pada Domba. *Program Pascasarjana. Universitas Padjadjaran, Bandung*.

Gold, M. H., and M. Alic. 1993. Molecular Biology of the Lignin-degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Microbial. Rev.*, 57(3): 605-622.

Hadar, Y., Z. Kerem, and B. Gorodecki. 1993. Biodegradation of Lignocellulosic Agricultural Wastes by *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Biotechnology*, 30(1), 133-139.

Hardjo, S., N. S. Indrasti, dan T. Bantacut. 1989. Biokonversi Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian. *Bahan Pengajaran Penelaah: S. Fardiaz. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas (PAU) Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor*.

- Ibrahim, Y., El-Ladan, and E. A. Olofin. 2013. Proximate and Mineral Analyses of Various Treated Sawdust as a Potential Livestock Feed. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 19(1), 44-48.
- Kassim, E. A., Ghazi, I. M., and Nagieb, Z. A. 1986. Effect of pretreatment of cellulosic wastes on the production of cellulase enzymes by *Trichoderma reesei*. *Journal of Applied Polymer Science*, 31(3), 823–829.
- Kerem, Z., Friesem, D., and Hadar, Y. 1992. Lignocellulose Degradation during Solid-State Fermentation: *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(4), 1121–1127.
- Kersten, P. J., Kalyanaraman, B., Hammel, K. E., Reinhammar, B., & Kirk, T. K. 1990. Comparison of lignin peroxidase, horseradish peroxidase and laccase in the oxidation of methoxybenzenes. *Biochemical Journal*, 268(2), 475–480.
- Luz, José Maria Rodrigues da, Nunes, Mateus Dias, Paes, Sirlaine Albino, Torres, Denise Pereira, Silva, Marliane de Cássia Soares da, & Kasuya, Maria Catarina Megumi. 2012. Lignocellulolytic enzyme production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial wastes. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1508-1515.
- Noferdiman., Y. Rizal., Mirzah., Y. Heryandi, dan Y. Marlinda. 2008. Penggunaan Urea Sebagai Sumber Nitrogen Pada Proses Biodegradasi Substrat Lumpur Sawit oleh Jamur *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 11(4), 75 - 82.
- Reksohadiprodjo, S. 1998. *Pengantar Ilmu Peternakan Tropik*. Yogyakarta: BPFE.
- Steffen, K. T. 2003. Degradation of Recalcitrant Biopolymers and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Litter-decomposing Basidiomycetous Fungi. *Helsinki: Division of Microbiology Departement of Applied Chemistry and Microbiology Viikki Biocenter, University of Helsinki*.
- Thurston, C. F. 1994. The structure and function of fungal laccases. *Microbiology*, 140(1), 19–26.
- Tillman, A. D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo, dan S. Lebdo Soekoyo. 1984. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Van Soest P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ithaca, United States: Cornell University Press.
- Vares, T., and Hatakka, A. 1997. Lignin-degrading activity and ligninolytic enzymes of different white-rot fungi: effects of manganese and malonate. *Canadian Journal of Botany*, 75(1), 61–71.
- Villas-Bôas, S. G., Esposito, E., & Mitchell, D. A. 2002. Microbial conversion of lignocellulosic residues for production of animal feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 98(1), 1–12.
- Widiastuti, H, dan T. Panji. 2008. Pola Aktivitas Enzim Lignolitik *Pleurotus ostreatus* pada Limbah *sludge* Pabrik Kertas. *Menara Perkebunan*, 76(1), 47-60.
- Wolford, M. K. 1984. *The Silage Fermentation*. New York, USA: Marcel Dekker Inc.

Yuliasuti, E., dan A. Susilo. 2003. Studi Kandungan Nutrisi Limbah Media Tanam Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) untuk Pakan Ternak Ruminansia. *Jurnal Matematika, Saint dan Teknologi*, 4(1): 54-61.