

## Penggunaan Urea sebagai Sumber Nitrogen pada Proses Biodegradasi Substrat Lumpur Sawit oleh Jamur *Phanerochaete chrysosporium*

Noferdiman<sup>1</sup>, Yose Rizal<sup>2</sup>, Mirzah<sup>2</sup>, Yan Heryandi<sup>2</sup> dan Yetti Marlida<sup>2</sup>

### Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan biodegradasi pada substrat lumpur sawit oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* dengan penambahan urea sebagai sumber nitrogen. Percobaan menggunakan Rancangan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan, yaitu : U-0 = 0,0 % Urea, U-1= 0,5 % Urea, U-2 = 1,0 % Urea, U-3 = 1,5 % Urea dan U-4 = 2,0 % Urea. Peubah yang diamati pada penelitian ini yaitu : jumlah spora yang tumbuh, nisbah C/N, pH, serat kasar, protein kasar, selulosa, lignin dan aktivitas enzim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap serat kasar, protein kasar, lignin, selulosa dan aktivitas enzim. Penggunaan urea pada tingkat 1.5 % dalam lumpur sawit mampu membantu jamur *Phanerochaete chrysosporium* lebih baik dalam menurunkan kandungan serat kasar (30.71 %), lignin (29.83 %), selulosa (36.42 %), serta meningkatkan kandungan protein kasar (34.50 %), gula pereduksi dan aktivitas enzim.

**Kata Kunci :** Biodegradasi, *Phanerochaete Chrysosporium* dan Lumpur Sawit

### *The Using of Urea as Nitrogen Source in Biodegradation of palm oil sludge by Mushroom *Phanerochaete chrysosporium**

### Abstract

The research was conducted to study the biodegradation capability on palm oil sludge substrate by *Phanerochaete chrysosporium* with increasing urea as nitrogen source. The experiment was designed using Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 4 replications, namely : U-0 = 0,0 % Urea, U-1= 0,5 % Urea, U-2 = 1,0 % Urea, U-3 = 1,5 % Urea and U-4 = 2,0 % Urea. The observed variables were the amount of spore, C/N ratio, pH, crude fiber, crude protein, lignin, cellulose and enzyme activities. The result of this study showed that added urea were significantly ( $P < 0.01$ ) crude fiber, crude protein, lignin, cellulose and enzyme activities. The use of urea on the first level amounting to 1.5 % in palm oil sludge can help *Phanerochaete chrysosporium* to reduce crude fiber to (30,71%), lignin (29.89 %), cellulose (36.42 %) and it can increase the content of crude protein to (34.50 %), reduction sugar and enzyme activities.

**Key Words :** Biodegradation, *Phanerochaete Chrysosporium* and Palm Oil Sludge.

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Fakultas Peternakan Universitas Jambi, Jambi.

<sup>2</sup> Staf Pengajar Fakultas Peternakan Universitas Andalas, Padang.

## Pendahuluan

Lumpur sawit merupakan larutan buangan yang dihasilkan selama proses pemerasan dan ekstraksi minyak yang terdiri dari 4 - 5 % padatan, 0,5 - 1 % sisa minyak dan sebagian besar air yaitu sebesar 94 %. Untuk setiap ton hasil minyak sawit dihasilkan sekitar 2 - 3 ton lumpur sawit (Hutagalung dan Jalaludin, 1982 ; Fauzi *dkk.*, 2006). Pada tahun 2006 luas areal kelapa sawit di Indonesia sekitar 5.508.219 hektar, dimana setiap ton TBS dapat menghasilkan 250 kg minyak sawit, 294 kg lumpur sawit, 35 kg bungkil kelapa sawit dan 180 kg serat perasan (Mathius, 2003).

Hasil analisa laboratorium Teknologi dan Industri Pakan Universitas Andalas Padang (2007) kandungan gizi lumpur sawit kering adalah protein kasar 10,57 %, serat kasar 20,16 %, Abu 11,76 %, Ca 0,38 %, P 0,09 %. Sedangkan analisa kandungan serat lumpur sawit kering adalah selulosa 20,19 %, hemiselulosa 7,27 %, lignin 14,21 % dan silika 4,24 %. Sedangkan Penelitian Lekito (2002) kandungan zat-zat gizi lumpur sawit kering adalah : protein kasar 12,17 %, serat kasar 21,15 %, lemak 19,96 %, selulosa 11,42 %, hemiselulosa 18,77 % dan lignin 36,40 %.

Upaya menurunkan kandungan serat kasar terutama kandungan serat lignin dan selulosa adalah dengan cara memanfaatkan aktivitas mikroba melalui proses biodegradasi, dimana mikroba mampu mereput hayati komponen serat secara lebih ekonomis dan hasilnya dapat lebih bermanfaat. Salah satu mikroba ligninolitik adalah jamur *Phanerochaete chrysosporium* karena mampu mendegradasi lignin dan selulosa yang lebih tinggi dibanding kapang selulolitik saja seperti : *Trichoderma sp.* (Henriksson *et al.*, 1995 ; Hattaka, 2001). Peningkatan nilai manfaat selulosa harus didahului dengan penguraian ikatan kompleks lignoselulosa dan degradasi lignin yang dapat dilakukan oleh enzim ligninolitik

oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium*. Penelitian Kartiwa (2003) memperlihatkan bahwa biodelignifikasi bahan lignoselulosa pada kayu sengon oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* mencapai 39,94 % setelah mengalami fermentasi selama 12 hari pada suhu 30<sup>o</sup> C.

Jamur dalam pertumbuhannya memerlukan energi dan protein serta waktu yang tertentu pada proses biodegradasi. Lama waktu yang dibutuhkan oleh jamur tergantung kepada ketersediaan energi dan protein untuk pertumbuhan. Nisbah antara karbon dan nitrogen yang tepat akan menentukan pertumbuhan jamur yang optimal. Untuk menunjang pertumbuhan sel-sel jamur yang lebih cepat perlu disediakan sumber nitrogen, salah satunya adalah urea. Penelitian Hendritomo (1995) melaporkan bahwa pada suhu lingkungan 28 - 30<sup>o</sup> C dan tambahan urea sebesar 0,5 - 1,5 % dapat memperbaiki pertumbuhan miselium jamur. Sedangkan Musnandar (2004) melaporkan bahwa penggunaan 1 - 2 % urea pada substrat sabut kelapa sawit akan memberikan pertumbuhan jamur *Marasmius sp.* yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan biodegradasi pada lumpur sawit oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* dengan penambahan urea sebagai sumber nitrogen.

## Materi dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan bulan Oktober 2007 sampai Februari 2008 di Laboratorium Teknologi Industri Pakan dan Laboratorium Biokimia Universitas Andalas Padang.

Penelitian ini menggunakan alat alat sebagai berikut : kantong plastik ukuran 1 kg, autoclave, laminar, lemari inkubasi, timbangan, thermometer dan pH-meter, lumpur sawit, jamur *Phanerochaete chrysosporium*, urea,

aquades, aparatus analisis Proksimat dan Van Soest.

Lumpur sawit dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari hingga mencapai kadar air sekitar 10 - 12 %, lumpur sawit kering ini digiling menggunakan gilingan yang memiliki saringan merk FFC No.2 (diameter 0,75 mm). Hasil ini juga merupakan produk awal untuk substrat lumpur sawit tanpa biodegradasi (LSTB), lumpur sawit tanpa biodegradasi dianalisis untuk mengetahui kandungan zat gizinya.

Lumpur sawit tanpa proses biodegradasi dimasukkan kedalam kantong plastik sebanyak 100 gr sesuai dengan perlakuan yaitu : U-0 = 100,0 gr Lumpur sawit + 0,0 gr Urea, U-1 = 99,5 gr Lumpur sawit + 0,5 gr Urea, U-2 = 99,0 gr Lumpur sawit + 1,0 gr Urea, U-3 = 98,5 gr Lumpur sawit + 1,5 gr Urea dan U-4 = 98,0 gr lumpur sawit + 2,0 gr Urea. Semua perlakuan tersebut ditambahkan 60 ml aquades dan disterilkan dalam autoclave 121<sup>o</sup> C pada tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian dibiarkan dingin pada suhu kamar, setelah dingin diukur C/N dan pH awal substrat.

Substrat lumpur sawit yang ada di dalam kantong plastik diinokulasi dengan jamur *Phanerochaete chrysosporium* sebanyak 3 % dari berat substrat, inokulasi ini dilakukan di laminar agar bebas kontaminasi. Kemudian plastik ditutup dan plastik diberi lubang beberapa buah, ketebalan substrat dibuat 2 cm dan diinkubasi secara aerobik pada suhu kamar (25 - 29<sup>o</sup> C) selama 8 hari. Setelah diinokulasi lumpur sawit hasil biodegradasi (LSB) dipanen dan ditimbang beratnya. Setelah itu diambil sampel untuk diukur pH, jumlah spora dengan hemasitometer (Hadioetomo, 1990) serta kandungan protein kasar,

serat kasar, lignin dan selulosa. Untuk aktivitas enzim lignin peroksidase (LiP) dengan metode Cavallazi *et al.*, (2004), aktivitas enzim selulase (Mandel *et al.*, 1976) dan gula pereduksi metode Smogy dan Nelson (Sudarmadji, 1996).

Rancangan yang dipergunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 5 perlakuan dan diulang 4 kali. Data yang diperoleh dilakukan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (Steel dan Torrie, 1989).

### Hasil dan Pembahasan

#### *Pertumbuhan Jamur, Nisbah C/N dan Derajat Keasaman (pH).*

Pengaruh perlakuan penggunaan urea pada lumpur sawit terhadap rataan jumlah spora yang tumbuh, nisbah C/N dan pH disajikan pada tabel 1.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap jumlah spora. Penggunaan urea hingga tingkat 1.5 % (U-1.5) pada substrat lumpur sawit merupakan sumber nitrogen untuk merangsang pertumbuhan jamur, dimana kandungan nitrogennya mencapai 45 %. Urea akan bermanfaat bagi pertumbuhan jamur setelah mengalami serangkaian perombakan di dalam substrat lumpur sawit, urea mudah terurai menjadi  $\text{NH}_3^+$  dan  $\text{CO}_2^-$ , bersama air media tumbuh  $\text{NH}_3^+$  membentuk basa  $\text{NH}_4 \text{OH}$ . Jamur menggunakan nitrogen terutama dalam bentuk ammonium, dimana ammonium mampu memasok nitrogen (N) bagi pertumbuhan jamur. Namun apabila ammonia bebas berlebihan dapat bersifat toksik sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur. Penambahan urea berlebih maka akan mendorong pembentukan ammonia bebas dalam jumlah lebih banyak.

Tabel 1. Rataan jumlah spora, nisbah C/N dan pH.

Perlakuan	Jumlah Spora (x10 <sup>6</sup> spora/gr)	Nisbah C/N	pH
U-0.0	24.21 <sup>d</sup>	28.88	5.23
U-0.5	27.99 <sup>c</sup>	25.77	5.58
U-1.0	29.20 <sup>b</sup>	23.47	5.72
U-1.5	32.34 <sup>a</sup>	20.55	6.09
U-2.0	31.41 <sup>a</sup>	19.95	6.20

Keterangan : Huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0.01).

Penggunaan 1.5 % urea sebagai sumber nitrogen pada substrat lumpur sawit sudah mampu digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur *Phanerochaete chrysosporium*, dimana jamur ini membutuhkan nitrogen untuk sintesis beberapa kandungan sel yang sangat penting, termasuk asam-amino dan protein. Penelitian yang dilakukan oleh Trahaju (1994) melaporkan bahwa penambahan nitrogen anorganik (urea) 0.5 - 1.5 % dalam substrat serbuk gergaji mampu memberikan pertumbuhan jamur *Marasmius sp.* cukup tinggi. Sedangkan penelitian Musnandar (2004) melaporkan bahwa penggunaan 1 - 2 % urea pada substrat sabut kelapa sawit akan memberikan pertumbuhan jamur *Marasmius sp.* yang lebih baik.

Semakin tinggi penambahan urea dalam substrat lumpur sawit semakin rendah nisbah C/N, kondisi ini disebabkan oleh penambahan urea akan menyebabkan tingginya unsur nitrogen (N) pada masing-masing perlakuan, sehingga nisbah C/N akan cenderung menurun. Dengan nisbah C/N yang baik maka ketersediaan unsur carbon dan nitrogen akan mencukupi untuk pertumbuhan jamur. Pada penggunaan urea pada substrat lumpur sawit 2.0 % memang terjadi penurunan jumlah spora, tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (P>0.05) dengan pemberian urea 1.5 %. Beberapa peneliti terdahulu menunjukkan bahwa pemberian urea 0.5 - 1.5 % menyebabkan pertumbuhan yang

baik pada jamur, kondisi ini mengindikasikan bahwa pemberian urea diperlukan untuk pertumbuhan jamur dalam pembentukan sel baru.

Sedangkan untuk pH, semakin tinggi penambahan urea dalam substrat lumpur sawit maka semakin tinggi juga pH substrat lumpur sawit. Kondisi ini disebabkan oleh urea yang digunakan bersifat alkali (basa). Urea yang ditambahkan ke dalam lumpur sawit mengalami ureolitik menjadi ammonia (NH<sub>3</sub>) dan CO<sub>2</sub>, dimana bersama air bahan pakan (lumpur sawit) ; NH<sub>3</sub> membentuk basa NH<sub>4</sub>OH. Sehingga dengan penambahan urea yang semakin tinggi akan menyebabkan pH substrat lumpur sawit juga semakin meningkat. Penelitian Nofiana (2006) melaporkan pH awal medium (pH = 5 - 5.5) pada sabut kelapa memberikan pertumbuhan jamur *Phanerochaete chrysosporium* yang lebih baik.

#### **Kandungan Serat Kasar, Protein Kasar, Aktivitas Enzim LiP dan Selulase.**

Pengaruh perlakuan penggunaan urea pada lumpur sawit terhadap rataan persentase penurunan kandungan serat kasar (SK), persentase peningkatan protein kasar (PK), aktivitas enzim LiP dan selulase disajikan pada tabel 2.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata (P<0.01) terhadap penurunan serat kasar

(SK), peningkatan protein kasar (PK), aktivitas enzim lignin peroksidase (LiP) dan enzim selulase. Semakin tinggi penggunaan urea dalam substrat lumpur

sawit, semakin tinggi penurunan serat kasar, peningkatan protein kasar dan aktivitas enzim, kecuali pada perlakuan U-2.0 (urea 2 %).

Tabel 2. Rataan persentase penurunan kandungan serat kasar (SK), persentase peningkatan protein kasar (PK), aktivitas enzim LiP dan selulase.

Perlakuan	Penurunan SK (%)	Peningkatan PK (%)	Aktivitas Enzim LiP (U)	Aktivitas Selulase (U)
U-0.0	16.34 <sup>d</sup>	12.28 <sup>d</sup>	17.81 <sup>e</sup>	6.19 <sup>d</sup>
U-0.5	21.48 <sup>c</sup>	19.57 <sup>c</sup>	27.90 <sup>d</sup>	10.93 <sup>c</sup>
U-1.0	25.39 <sup>b</sup>	26.02 <sup>b</sup>	31.17 <sup>c</sup>	11.90 <sup>b</sup>
U-1.5	30.71 <sup>a</sup>	34.50 <sup>a</sup>	38.29 <sup>a</sup>	15.60 <sup>a</sup>
U-2.0	26.46 <sup>b</sup>	28.16 <sup>b</sup>	36.16 <sup>b</sup>	12.14 <sup>b</sup>

Keterangan : Huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0.01$ ).

Kondisi diatas menunjukkan bahwa penggunaan urea pada tingkat 1,5 % dalam substrat lumpur sawit ternyata lebih efektif membantu jamur *Phanerochaete chrysosporium* dalam mendegradasi serat kasar (SK), terutama komponen serat : selulosa dan lignin, dimana jamur ini dapat melonggarkan ikatan lignoselulosa, bahkan membebaskan sebagian besar selulosa dengan ikatan lignin. Untuk memenuhi kebutuhan energi pada pertumbuhan sekundernya, jamur memenuhi energinya dari gula mudah larut yang terdapat dalam substrat lumpur sawit, namun setelah itu jamur akan mendegradasi komponen serat melalui kerja enzim ekstraselulernya yaitu enzim LiP dan selulase.

Penggunaan urea pada tingkat 1.5 % dalam substrat lumpur sawit mampu membantu jamur *Phanerochaete chrysosporium* lebih baik dalam mengsekresi enzim LiP dan selulase, dimana enzim LiP akan menghancurkan lignin menjadi komponen dengan berat molekul yang lebih rendah, sedangkan enzim selulase dapat merombak selulosa menjadi glukosa. Penelitian yang dilakukan Suhermiyati (2003) penggunaan urea hingga tingkat 1.5 % mampu

membantu jamur *Marasmius sp.* menurunkan kandungan serat kasar limbah buah kakao dari 37.90 % menjadi 23.29 %.

Sedangkan protein kasar (PK), penggunaan urea 1.5 % juga mampu memberi hasil yang terbaik pada persentase peningkatan PK lumpur sawit mencapai 34.50 %. Dimana dengan penggunaan urea hingga taraf 1.5 % pada substrat lumpur sawit akan menyebabkan pertumbuhan jamur yang lebih baik (tabel 2). Dalam pertumbuhannya jamur menggunakan karbon dan nitrogen untuk komponen sel tubuh jamur (Garraway dan Evans, 1984 ; Musnandar, 2004), sehingga semakin banyak miselium akibat pertumbuhan jamur makin banyak nitrogen tubuh.

Peningkatan kandungan protein yang sejalan dengan pertumbuhan jamur dikarenakan tubuh jamur terdiri dari elemen yang mengandung nitrogen. Menurut Garraway dan Evans (1984) dan Fardiaz (1988) dinding sel jamur mengandung 6.3 % protein, sedangkan membran sel pada jamur yang berhifa mengandung protein 25 - 45 % dan karbohidrat 25 - 30 %. Selain itu, enzim yang dihasilkan oleh jamur juga merupakan protein. Wikipedia Indonesia

(2008) menyatakan bahwa enzim adalah beberapa gugus polipeptida (protein) yang berfungsi sebagai katalis dalam suatu reaksi kimia.

**Kandungan Selulosa , Lignin, dan gula-pereduksi.**

Pengaruh perlakuan penggunaan urea pada lumpur sawit terhadap rata-rata persentase penurunan kandungan selulosa, lignin dan kandungan gula pereduksi ( $\mu/ml$ ) disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rataan Persentase Penurunan Kandungan Selulosa (%), Lignin (%) dan Kandungan Gula Pereduksi ( $\mu/MI$ ).

Perlakuan	Penurunan Selulosa (%)	Penurunan Lignin (%)	Gula Pereduksi ( $\mu/ml$ )
U-0.0	20.16 <sup>e</sup>	12.08 <sup>e</sup>	99.68 <sup>e</sup>
U-0.5	24.56 <sup>d</sup>	17.58 <sup>d</sup>	143.39 <sup>d</sup>
U-1.0	30.15 <sup>c</sup>	22.59 <sup>c</sup>	186.76 <sup>c</sup>
U-1.5	36.42 <sup>a</sup>	29.83 <sup>a</sup>	238.15 <sup>a</sup>
U-2.0	34.06 <sup>b</sup>	25.24 <sup>b</sup>	218.07 <sup>b</sup>

Keterangan : Huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0.01$ ).

Penggunaan urea pada tingkat 1,5 % dalam substrat lumpur sawit ternyata lebih efektif membantu jamur *Phanerochaete chrysosporium* dalam mendegradasi komponen serat (selulosa dan lignin), artinya kandungan selulosa dalam substrat lumpur sawit dapat turun karena didegradasi oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* menjadi lebih sederhana, karena jamur ini menghasilkan enzim selulase (Wood *et al.*, 1988).

Semakin tinggi pertumbuhan jamur pada tingkat penggunaan urea 1.5 % dalam substrat lumpur sawit, maka miselium yang tumbuh juga banyak, miselium ini terdiri dari kumpulan hifa-hifa yang memproduksi enzim selulosa. Artinya jumlah miselium yang optimum akan memproduksi enzim selulase yang lebih banyak sehingga kandungan selulosa pada substrat lumpur sawit akan menurun. Penelitian Kassim *dkk.*, (1985) melaporkan bahwa terdapat hubungan yang positif antara pertumbuhan jamur

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P<0.01$ ) terhadap persentase penurunan selulosa, lignin, serta peningkatan kandungan gula pereduksi. Semakin tinggi penggunaan urea dalam substrat lumpur sawit, semakin tinggi penurunan selulosa, lignin serta peningkatan gula pereduksi kecuali pada perlakuan U-2.0 (urea 2 %).

dan produksi enzim. Namun pada penggunaan Urea 2 % (U-2.0) pertumbuhan miselium akan melambat ketika sumber energi semakin habis dan produksi enzim juga mulai turun sehingga kandungan selulosa meningkat.

Pada jamur lapuk putih pendegradasi lignin (termasuk jamur *Phanerochaete chrysosporium*), lignin langsung didegradasi oleh enzim LiP (Reid, 1994 ; Chang dan Bumpus, 2001). Enzim ini mendegradasi seluruh lapisan dinding sel, dimana dinding sel dikikis dan dipindahkan dari dinding sel ke dinding sekunder dan lemana tengah untuk didegradasi (Blanchette, 1994). Penelitian Kartiwa (2003) melaporkan biodelignifikasi bahan lignoselulosa pada kayu sengon oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* mencapai 39.94 % setelah mengalami fermentasi selama 12 hari.

Gula pereduksi merupakan indikator aktivitas enzim dalam

menghidrolisis lignoselulosa pada substrat lumpur sawit, produk hidrolisis selulosa oleh enzim adalah glukosa. Menurut Beguin dan Aubert, (1992) enzim selulase terdiri dari kompleks eksoglukanase, endoglukanase dan  $\beta$ -glukosidase yang dapat mereput selulosa menjadi glukosa. Glukosa kemudian digunakan oleh jamur untuk pertumbuhannya sebagai sumber karbon.

### Kesimpulan

Biodegradasi lumpur sawit oleh jamur *Phanerochaete chrysosporium* dengan penggunaan urea 1.5 % mampu menurunkan kandungan serat kasar (30.71 %), lignin (29.83 %), selulosa (36.42 %), serta meningkatkan kandungan protein kasar (34.50 %), gula pereduksi, aktivitas enzim lignin peroksidase (LiP) dan enzim selulase.

### Daftar Pustaka

- Beguin, P., and J.P. Aubert. 1992. Cellulases. Encyclopedia of Microbiol. Vol 1., Academic Press, Institut - Paris.
- Blanchette, R.A. 1994. Degradation of the lignocellulose complex in wood. Can. J. Bot. 73 : 999 - 1010.
- Cavallazi, J.R.P. , M. de S. Brito., M.G.A. Oliveira, S.G. Villas Boas and M.C.M. Kasuya. 2004. Lignocellulolytic enzyme profile of three *Lentinus edodes* (Berk.) Pelger strains during cultivation on eucalyptus bark-based medium. Food Agriculture and Environment, 2 (1) ; 291 - 297.
- Chang, H.C. and J.A. Bumpus. 2001. Inhibition of lignin peroxidase mediated oxidation activity by ethylenediamine tetra acetic acid and N-N'-N'-N' tetrametylenediamine. Proc. Natl. Sci. Coun. 25 (1) : 26 - 33.
- Fauzi, Y., E.W. Yustina, S. Iman., H. Rudi. 2006. Kapala sawit. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Fardiaz, S. dan F.G. Winarno. 1980. Pengantar teknologi pangan. Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Garraway, M.D. and R.C. Evans.1984. Fungal nutrition and physiology. John Wiley & Sons., Singapore.
- Hadioetomo, R.S. 1990. Mikrobiologi dasar dalam praktek. Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Hatakka, A. 2001. Biodegradation of lignin. In : Steinbuechel A. [ed] Biopolymers. Vol 1 : Lignin, Humic Substances and Coal. Germany : Wiley VCH., pp. 129 - 180.
- Hendritomo, H.I. 1995. Efektivitas jamur *CULH* dalam degradasi lignoselulosa kayu albasia pada berbagai sumber nitrogen dan konsentrasi  $Mn^{+}$  yang dipersiapkan untuk proses biopulp. Laporan Penelitian ITB, Bandung.
- Henriksson, G., P. Ander., B. Petersson., and Petersson G. 1995. Cellobiose dehydrogenase (cellobiose oxidase) from *Phanerochaete chrysosporium* as wood degrading enzyme. Studies on cellulose, xylan and lignin synthetic. Appl. Microbiol. Biotechnol.42 : 792 - 796.
- Hutagalung dan Jalaludin. 1982. Feeds for farm animal from the oil palm, Serdang, Malaysia.
- Kartiwa W.H. 2003. Upaya pemanfaatan enzim pada pulping biologis. Laporan Penelitian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, Bandung. Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- Kassim, E.A., I.M. Ghazi, and Z.A. Nagieb. 1985. Effect of pretreatment of cellulosic waste

- on the production of cellulose enzymes by *Trichoderma reesei*. J. of Ferment. Technol. 6 (3) ; 129 - 193.
- Laconi, E.B. 1998. Peningkatan mutu Pod Kakao melalui amoniasi dengan urea dan biofermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* serta penyebarannya ke dalam formulasi ransum ruminansia, Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Lekito, M.N. 2002. Analisis kandungan nutrisi Lumpur minyak sawit (Palm Oil Sludge) asal pabrik pengolahan di Kecamatan Prafi Kabupaten Manokwari Propinsi Papua. Jurnal Peternakan dan Lingkungan, Vol.08 No.1. Februari 2002, hal. 59 -62.
- Mandel, M., R. Andreotti and Roche. 1976. Measurement of saccharifying cellulose. Biotechnol Eng. Simposium 26 ; 21 - 33.
- Mathius, I.W. 2003. Perkebunan kelapa sawit dapat menjadi basis pengembangan sapi potong. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Vol.25, No.5 : 1 - 4.
- Musnandar, E. 2004. Pertumbuhan jamur *Marasmius sp.* pada substrat kelapa sawit untuk bahan pakan ternak. Majalah Ilmiah Angsana Vol. 08. No.3, Desember ; 25 - 30.
- Nofiana, I. 2006. Pengaruh suhu, pH awal medium, kadar substrat dan jumlah inokulum pada proses delignifikasi sabut kelapa (*Cocos nucifera L.*) oleh *Phanerochaete chrysosporium*. Laporan Penelitian Ilmu dan Teknologi Hayati, ITB., Bandung.
- Reid, I.D. 1985. Biological delignification of aspen wood by solid state fermentation whit the white rot fungus *Merulius tremelosus*, J. Appl. Environ. Microbiol. 50. (1) : 133 - 139.
- Steel, R.G. dan H.J. Torrie. 1984. Prinsip dan prosedur statistik. Suatu pendekatan biometrik. Alih bahasa : B. Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sudarmadji, S., Bambang. H., Suhardi. 1996. Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian. Penerbit Liberty kerjasama PAU UGM, Yogyakarta.
- Suhermiyati, S. 1984. Pengujian bahan limbah rumah potong hewan (RPH) dan ragi makanan ternak (RMT) serta kombinasinya dalam ransum ayam pedaging. Laporan Penelitian Pascasarjana IPB, Bogor.
- Trahaju. 1994. Pengaruh urea dan ampas tapioca dalam proses dekomposisi serbuk gergaji kayu albasia dan kayu kapur oleh jamur CULH. Tesis Pascasarjana ITB, Bandung.
- Wikipedia Indonesia. 2008. Enzim. <http://id.wikipedia.org/wiki/enzim>. Diakses tanggal 4 Maret 2008.
- Wood, D.A., S.E. Matcham and T.R. Fermor. 1988. Production and function on enzymes during lignocellulose degradation. In : Zadrazil, F. and P. Reningen (Eds). Treatment of lignocellulosics white rot fungi. London : Elsevier Applied Science., pp : 43 - 49.