

Kandungan Nutrisi Lumpur Sawit Hasil Fermentasi dengan Jamur *P. chrysosporium*

(The nutritious content fermentation of palm oil sludge by *P. chrysosporium*)

Noferdima¹ dan Ahmad Yani¹

¹Fakultas Peternakan Universitas Jambi

ABSTRACT This research is aimed at observing the nutritious content of palm oil sludge fermentation by *P. chrysosporium*. The experimental design used completely randomized design in factorial (3 x 3). The first factor is the inoculum dosage, namely : (D₁). 3 %, (D₂). 6 % and (D₃). 9 % of substrate weight. The second factor is the length of fermentation, namely : (L₁). 4 days, (L₂). 8 days and (L₃). 12 days. Every treatment is repeated for three time. The data found is scrutinized by mode print and it is followed by distance test of multiple Duncan (Steel and Torrie, 1989). The variables observed in research are dry

materials, crude fiber, crude protein, cellulose and lignin. The research on the influence of inoculum dosage and the length of fermentation on dry materials content and crude protein shows insignificant interaction ($P>0.05$). On the other hand, crude fiber, cellulose and lignin show significant interaction ($P<0.01$). The inoculum dosage of 6 % and the fermentation length of 8 days is the best combination treatment and it can reduce the crude fiber amounting to 40.86 %, an increase of crude protein amounting to 30.75 % and a decrease of cellulose and lignin amounting to 39.78 % and 36.40 % respectively.

Key words : fermentation, *P. chrysosporium* and palm oil sludge.

2013 Agripet : Vol (13) No. 2 : 47-52

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 2011 luas areal kelapa sawit di Indonesia sekitar 8,2 juta hektar (Dirjen Perkebunan, 2012), 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).

Kandungan zat gizi lumpur sawit adalah: protein kasar 12,17 %, serat kasar 21,15 %, lemak 19,96 %, selulosa 11,42 %, hemiselulosa 18,77 % dan lignin 36,40 % (Lekito, 2002). Penelitian Noferdima (2004) 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 %.

Upaya menurunkan kandungan serat kasar terutama kandungan lignin dan selulosa adalah dengan cara memanfaatkan aktivitas mikroba melalui proses fermentasi, dimana mikroba mampu mendegradasi serat secara lebih ekonomis dan hasilnya dapat lebih bermanfaat. Salah satu mikroba ligninolitik adalah jamur *P. chrysosporium* karena mampu mendegradasi lignin dan selulosa yang lebih tinggi dibanding kapang selulolitik saja seperti : *Trichoderma sp.* (Henriksson *et al.*, 1995 ; Hattaka, 2001). Jamur selulolitik hanya mampu mendegradasi selulosa dan hemiselulosa tetapi belum mampu mendegradasi lignin (Mandels, 1982).

Peningkatan nilai manfaat selulosa harus didahului dengan penguraian ikatan kompleks lignoselulosa dan degradasi lignin yang dapat dilakukan oleh enzim ligninolitik oleh jamur *P. chrysosporium*. Penelitian Katiwa (2003) memperlihatkan bahwa

Corresponding author : dimano68@yahoo.com

biodelignifikasi bahan lignoselulosa pada kayu sengon oleh jamur *P. chrysosporium* mencapai 39,94 % setelah mengalami fermentasi selama 12 hari pada suhu 30⁰ C, kondisi ini berarti bahwa jamur *P. chrysosporium* mempunyai kemampuan efektif sebagai pendegradasi lignin dan selulosa pada bahan lignoselulosa.

Jamur dalam pertumbuhannya memerlukan energi dan protein serta waktu yang tertentu pada pelaksanaan fermentasi. Lama waktu fermentasi yang dibutuhkan oleh jamur tergantung kepada ketersediaan energi dan protein untuk pertumbuhan dan dosis inokulum yang dipergunakan. Interaksi antara lama fermentasi dan dosis inokulum yang tepat diharapkan memberikan produk lumpur sawit hasil fermentasi dengan nilai gizi yang optimal.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka dilakukan percobaan penentuan kondisi fermentasi terbaik pada lumpur sawit.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut : kantong plastik ukuran 1 kg, autoclave, laminar, lemari inkubasi, timbangan, thermometer dan pH-meter, lumpur sawit, jamur *P. chrysosporium*, aquadest, apparatus analisis Proksimat dan Van Soest.

Fermentasi dilakukan dengan menggunakan lumpur sawit kering sebanyak 100 gram ditambah 60 ml aquadest dan disterilkan dengan autoclave 121⁰ C pada tekanan 2 atm selama 15 menit. Kemudian biarkan dingin pada suhu kamar. Setelah lumpur sawit dingin diinokulasi dengan jamur *P. chrysosporium* pada substrat lumpur sawit sesuai dengan perlakuan dosis inokulum, yaitu : (D₁). 3 %, (D₂). 6 % dan (D₃). 9 % dari berat substrat.

Lumpur sawit yang sudah dicampur dengan inokulum dimasukkan kedalam kantong plastik ukuran 1 kg, kemudian kantong plastik ditutup dan dicetak dengan ketebalan 3 cm, kemudian plastik diberi lobang beberapa buah dengan diameter 0,5 cm. Selanjutnya hasil cetakan yang akan difermentasikan disimpan pada rak fermentasi selama masa inkubasi sesuai dengan perlakuan

lama fermentasi, yaitu : (L₁). 4 hari. (L₂). 8 hari dan (L₃). 12 hari.

Setelah diinkubasi pada suhu kamar (25⁰ - 29⁰ C) dan siap dipanen. Selanjutnya dikeringkan dengan oven dengan temperatur 60⁰ C selama 12 jam. Setelah kering digiling halus sudah menjadi produk lumpur sawit fermentasi (LSFp), serta disimpan dalam kantong plastik untuk ditentukan nilai gizinya. LSFp dilakukan analisis kandungan bahan kering, protein kasar, serat kasar, komponen serat : selulosa dan lignin. Sedangkan pengukuran aktivitas enzim lignin peroksidase menurut metode Tein dan Kirk, (1984) dan Cavallazi *et al.*, (2004), serta untuk aktivitas enzim selulase menurut metode Mandel *et al.*, 1976.

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola Faktorial 3 x 3. Faktor pertama yaitu dosis inokulum, yaitu : (D₁). 3 %, (D₂). 6 % dan (D₃). 9 % dari berat substrat. Faktor kedua adalah lama fermentasi, yaitu : (L₁). 4 hari. (L₂). 8 hari dan (L₃). 12 hari. Setiap perlakuan diulang 3 kali, untuk masing-masing kombinasi perlakuan. Data yang diperoleh dilakukan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (Steel dan Torrie, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Perlakuan Terhadap Bahan Kering, Serat Kasar dan Protein Kasar.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap kandungan bahan kering dan protein kasar menunjukkan interaksi yang tidak nyata (P>0.05). Namun pada serat kasar menunjukkan interaksi yang sangat nyata (P<0.01) seperti pada Tabel 1.

Kecenderungan penurunan bahan kering ini (Tabel 1) disebabkan karena semakin lama waktu fermentasi dengan penggunaan dosis inokulum pada masing-masing perlakuan maka semakin banyak kesempatan jamur *P. chrysosporium* untuk bertumbuh dan memproduksi enzim yang berguna mendegradasi serat kasar yang terdapat didalam substrat lumpur sawit. Produk glukosa yang dihasilkan dalam proses ini digunakan

sebagai sumber energi untuk kebutuhan hidupnya sehingga akan menyebabkan bahan kering lumpur sawit cenderung menurun.

Dari uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa serat kasar (SK) pada kombinasi perlakuan dosis inokulum 6 % dan lama fermentasi 8 hari (D6L8) merupakan persentase penurunan SK (40.86 %) tertinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) dibanding kombinasi perlakuan D9L8 (36.77 %) dan D6L12 (35.29%). Jamur *Phanerochaete chrysosporium* akan menggunakan zat makanan yang ada dalam substrat lumpur sawit seperti polisakarida yang mudah larut dan mengkatabolismenya menjadi gula-gula

se sederhana guna mendukung kebutuhan hidupnya. Proses reput hayati terjadi pada saat hifa jamur bersentuhan dengan permukaan substrat lumpur sawit dan membentuk koloni. Sehingga jamur mampu mendegradasi komponen serat kasar, seperti : selulosa dan lignin.

Tabel 1. Rataan kandungan bahan kering (%), penurunan serat kasar (%) dan peningkatan protein kasar (%).

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		L 4	L 8	L 12	
Bahan Kering (%)	D 3	57.51	55.94	54.73	56.06 ^A
	D 6	55.42	52.87	50.93	53.07 ^B
	D 9	54.73	52.31	51.76	52.93 ^B
	Rataan	55.89 ^a	53.71 ^b	52.47 ^c	54.02
Serat Kasar (%)	D 3	22.56 ^{ab}	30.57 ^{ac}	31.10 ^{ab}	28.08
	D 6	27.45 ^{ca}	40.86 ^{aA}	35.29 ^{ba}	34.53
	D 9	27.41 ^{ca}	36.77 ^{ab}	33.77 ^{ba}	32.65
	Rataan	25.79	36.07	33.39	31.75
Protein Kasar (%)	D 3	11.11	21.69	23.35	18.72 ^B
	D 6	20.01	30.75	30.08	26.95 ^A
	D 9	20.63	31.07	29.42	27.04 ^A
	Rataan	17.25 ^b	27.84 ^a	27.62 ^a	24.24

Keterangan : Huruf kecil yang berbeda pada baris dan huruf besar yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Interaksi yang terjadi antara dosis inokulum dan lama fermentasi (D6L8) akan sinergis dalam mempengaruhi kandungan serat kasar (SK) lumpur sawit. Jamur dalam pertumbuhannya memenuhi energi dari gula mudah larut yang terdapat dalam substrat lumpur sawit, namun setelah gula mudah larut habis maka jamur akan mendegradasi komponen dinding sel (SK) melalui kerja enzim ekstraselulernya. Penelitian Musnandar (2004) melaporkan bahwa semakin lama waktu inkubasi maka kesempatan kompleks enzim untuk mereput komponen serat kasar menjadi

gula sederhana semakin meningkat. Peningkatan gula sederhana ini akan meningkatkan pertumbuhan koloni jamur, terutama berdosis inokulum tinggi, sehingga produksi enzimpun meningkat yang pada gilirannya akan meningkatkan degradasi serat kasar pada substrat.

Peningkatan kandungan protein kasar (%) dengan penggunaan dosis inokulum 6 % (D6) dan 9 % (D9) pada masing-masing lama fermentasi 8 hari (L8) dan 12 hari (L12) dikarenakan jamur *Phanerochaete chrysosporium* akan tumbuh cepat, dimana dalam pertumbuhannya jamur mempergunakan karbon dan nitrogen untuk komponen sel tubuh (Garraway dan Evans, 1984 ; Musnandar, 2004), sehingga semakin banyak miselium akibat pertumbuhan jamur makin banyak nitrogen tubuh. Peningkatan kandungan protein ini menunjukkan bahwa jamur dapat memanfaatkan substrat untuk membentuk jaringan atau bertumbuh. Menurut Garraway dan Evans (1984) 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).

Pengaruh Perlakuan terhadap Selulosa dan Lignin.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap kandungan selulosa dan lignin menunjukkan interaksi yang sangat nyata ($P < 0.01$). Kondisi ini berarti dosis inokulum dan lama fermentasi secara bersama-sama bersinergi menurunkan kandungan selulosa dan lignin dalam lumpur sawit, seperti pada Tabel 2. Dari uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kandungan selulosa dan lignin pada kombinasi perlakuan dosis inokulum 6 % dan lama fermentasi 8 hari (D6L8) merupakan persentase penurunan tertinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Kandungan selulosa yang menurun pada kombinasi perlakuan D6L8 (Tabel 2) menunjukkan bahwa kandungan selulosa dalam lumpur sawit dapat didegradasi secara

optimal oleh jamur *P. chrysosporium*, dimana jamur ini mampu merombak selulosa menjadi lebih sederhana karena dapat menghasilkan enzim selulase (Wood *et al.*, 1988), sama halnya dengan jamur lapuk putih menghasilkan enzim selulase (Blanchette, 1994). Enzim selulase terdiri dari kompleks eksoglukanase, endoglukanase dan β -glukosidase yang dapat mereput selulosa menjadi glukosa (Beguin dan Aubert, 1992).

Tabel 2. Rataan penurunan kandungan selulosa (%) dan lignin (%).

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		L 4	L 8	L 12	
Selulosa (%)	D 3	27.22 ^{CB}	33.24 ^{AB}	31.87 ^{BB}	30.76
	D 6	29.59 ^{BA}	39.78 ^{AA}	38.32 ^{AA}	35.89
	D 9	30.99 ^{BA}	38.16 ^{AA}	37.36 ^{AA}	35.50
	Rataan	29.27	37.06	33.39	34.06
Lignin (%)	D 3	19.19 ^{CB}	26.40 ^{AC}	24.60 ^{BC}	23.39
	D 6	24.72 ^{CA}	36.40 ^{AA}	32.70 ^{BA}	31.27
	D 9	23.89 ^{CA}	33.96 ^{AB}	29.04 ^{BB}	28.97
	Rataan	22.60	32.25	28.78	27.87

Keterangan : Huruf kecil yang berbeda pada baris dan huruf besar yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Perombakan kandungan lignin oleh jamur *P. chrysosporium* akan melibatkan kerja enzim ligninolitik yang akan menguraikan lignin menjadi karbondioksida (CO_2), enzim tersebut adalah lignin peroksidase dan mangan peroksidase (Vallie *et al.*, 1992). Enzim ligninolitik ini bekerja aktif dengan adanya oksigen, kunci reaksi degradasi lignin oleh jamur *P. chrysosporium* adalah biokatalis enzim ligninase yang mengkatalis oksidasi cincin aromatik lignin untuk melepas ikatan-ikatan pada cincin aromatiknya dan membentuk radikal-radikal kation. Kemudian radikal-radikal tersebut menjalani reaksi spontan membawa kearah degradasi lignin, sebagian radikal memecah ikatan intramolekul lignin dan sebagian lagi memecah cincin aromatik. Laju perombakan lignin meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan oksigen (kondisi aerob), sehingga semakin tinggi penggunaan dosis inokulum dan semakin lama hari fermentasi pada kondisi optimal maka akan dapat menurunkan kandungan lignin yang lebih efektif. Seiring dengan proses ini, juga terjadi penurunan kandungan selulosa.

Pengaruh Perlakuan Terhadap Aktivitas Enzim Selulase dan Lignin Peroksidase.

Pengaruh perlakuan dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap rata-rata aktivitas enzim selulase (U), dan lignin peroksidase (U) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aktivitas enzim selulase dan lignin peroksidase.

Peubah	Dosis Inokulum	Lama Fermentasi			Rataan
		L 4	L 8	L 12	
Selulase (U)	D 3	10.42 ^{CB}	14.48 ^{AB}	12.57 ^{BB}	12.49
	D 6	13.47 ^{CA}	21.71 ^{AA}	18.30 ^{BA}	17.83
	D 9	14.58 ^{CA}	20.05 ^{AA}	17.09 ^{BA}	17.24
	Rataan	12.83	18.75	15.98	15.85
Lignin Peroksidase (U)	D 3	29.53 ^{CC}	37.98 ^{AB}	32.93 ^{BC}	33.48
	D 6	37.17 ^{CB}	44.81 ^{AA}	40.09 ^{BA}	40.69
	D 9	38.77 ^{CA}	44.79 ^{AA}	35.93 ^{BB}	39.83
	Rataan	35.16	42.53	36.32	38.00

Keterangan : Huruf kecil yang berbeda pada baris dan huruf besar yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap aktivitas enzim selulase menunjukkan interaksi yang nyata ($P < 0.05$). Kondisi ini berarti dosis inokulum dan lama fermentasi secara bersama-sama bersinergi meningkatkan aktivitas enzim selulase dalam lumpur sawit. Dari uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kandungan selulosa pada kombinasi perlakuan dosis inokulum 6 % dan lama fermentasi 8 hari (D6L8) merupakan aktivitas enzim selulase (21.71) tertinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) dibanding kombinasi perlakuan D6L12 (18.30 U), namun tidak berbeda nyata ($P > 0.05$) dengan kombinasi perlakuan D9L8 (20.05 U).

Aktivitas enzim selulase tertinggi (21.71 U) pada kombinasi perlakuan dosis inokulum 6 % dan lama fermentasi 8 hari (D6L8), dikarenakan semakin banyak dosis inokulum (6% dan 9%) dengan lama fermentasi 8 hari mengakibatkan jamur tumbuh subur dan enzim selulase yang dihasilkan dari hifa akan lebih banyak, disamping kondisi dalam substrat terutama pH juga mendukung enzim selulase untuk beraktivitas (pH = 5.2-5.6), sehingga enzim selulase lebih aktif dalam merombak selulosa menjadi glukosa. Penelitian Nofiana (2006) produksi enzim dari Jamur *P. chrysosporium* pada substrat sabut kelapa menunjukkan pH 5.5 selama fermentasi menghasilkan aktivitas enzim yang maksimal.

Pengaruh perlakuan dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap rata-rata aktivitas enzim lignin peroksidase (U) disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh dosis inokulum dan lama fermentasi terhadap aktivitas enzim lignin peroksidase menunjukkan interaksi yang sangat nyata ($P < 0.01$). Kondisi ini berarti dosis inokulum dan lama fermentasi secara bersama-sama bersinergi meningkatkan aktivitas enzim lignin peroksidase dalam lumpur sawit. Dari uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kandungan selulosa pada kombinasi perlakuan dosis inokulum 6 % dan lama fermentasi 8 hari (D6L8) merupakan aktivitas enzim lignin peroksidase (44.81 U) tertinggi dan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) dibanding kombinasi perlakuan D6L12 (40.09 U), namun tidak berbeda nyata ($P > 0.05$) dengan kombinasi perlakuan D9L8 (44.79 U).

Aktivitas enzim lignin peroksidase tertinggi (44.81 U) pada kombinasi perlakuan dosis inokulum 6 % dan lama fermentasi 8 hari (D6L8), dikarenakan semakin banyak dosis inokulum (6 % dan 9 %) dengan lama fermentasi 8 hari mengakibatkan jamur tumbuh dan enzim lignin peroksidase yang dihasilkan dari hifa akan lebih banyak, disamping kondisi dalam substrat terutama pH juga mendukung enzim lignin peroksidase untuk beraktivitas ($pH = 5.2 - 5.6$), sehingga enzim lebih aktif dalam mendegradasi lignin. Penelitian Rodriguez dkk., (2001) dan Kapich dkk., (2004) mengindikasikan bahwa substrat lignoselulosa mampu berperan sebagai stimulan produksi enzim lignin peroksidase dan mangan peroksidase oleh jamur *P. chrysosporium*, dimana substrat lignoselulosa memicu produksi enzim ligninolitik dalam *submerged culture* tanpa pembatasan nitrogen dan karbon.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dosis inokulum jamur *P. chrysosporium* 6 % dan lama fermentasi 8 hari merupakan kombinasi perlakuan terbaik dan dapat menurunkan serat kasar sebesar 40,86 %, peningkatan protein kasar sebesar 30.75 %,

serta penurunan selulosa dan lignin masing-masing 39.78 % dan 36.40 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Beguin, P., and Aubert, J.P. 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.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. Statistik Perkebunan Indonesia, Departemen Pertanian Jakarta.
- Fauzi, Y., Yustina, E.W., Iman, S., Rudi, H. 2006. Kapala sawit. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Garraway, M.D. and Evans, R.C. 1984. Fungal nutrition and physiology. John Wiley & Sons., Singapore.
- Hatakka, A. 2001. Biodegradation of lignin. In : Steinbuchel A. [ed] Biopolymers. Vol 1 : Lignin, Humic Substances and Coal. Germany : Wiley VCH., pp. 129 – 180.
- 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 enzyme pada pulping biologis. Laporan Penelitian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, Bandung. Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- Kapich, A.N., B.A. Prior, A. Botha, S. Galkin, T. Lundell and A. Hattaka. 2004. Effect of lignocellulose containing substrates on production of ligninolytic peroxidases in submerged cultures of *Phanerochaete chrysosporium*. Enzyme Microbial. Technol. 34 : 187 – 195.
- 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.
- Mandels, M. 1982. Celulases. In G.T. Tsao Ed. Annual Reports on Fermentation Processes 5 : 35 – 78.
- 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.
- Noferdian. 2004. Ujicoba limbah sawit dalam ransum ayam broiler. Majalah Ilmiah Angsana Vol. 08. No.1, April ; 17 – 26.
- Nofiana, I. 2006. Pengaruh suhu, pH awal medium, kadar substrat dan jumlah inokulum pada proses delignifikasi sabut kelapa (*Cocos nucifera L.*) oleh *Phanerochaete chrysosporium*. Tesis, Pascasarjana ITB., Bandung.
- Rodriguez, C.S., A. Dominguez and A. Sanroman. 2001. Utilization of lignocellulosic wastes for lignin peroxidase production by semi solid state cultures of *Phanerochaete chrysosporium*. Appl. Environ. Microbiol. 65 : 483 – 488.
- Steel, R.G. dan H.J. Torrie. 1989. Prinsip dan prosedur statistik. Suatu pendekatan biometrik. Alih bahasa : B. Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Susanto, A. 2002. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai media tumbuh jamur edibel. Warta PPKS. Vol. 10 (1) : 15 -19.
- Tien, M., and T.K. Kirk. 1989. Lignin degrading enzyme from *Phanerochaete chrysosporium* : Purification, characterization and catalytic properties of a unique H₂O₂ requiring oxygenase. PNAS. 81 ; 2280 – 2284.
- Vallie, K., J. Barry., Brock., K. Dinesh., Joshi., and Michael. 1992. Degradation of 2,4 toluen by the lignin degrading fungi *Phanerochaete chrysosporium*. Journal Appl. And Env. Microbiol. 8 : 221 – 228.
- 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 : Zadrzil, F. and P. Reninger (Eds). Treatment of lignocellulosics white rot fungi. London : Elsevier Applied Science., pp : 43 – 49.