

Pengaruh Suhu dan pH Pertumbuhan Jamur Merang (*Volvariella Volvacea*) Terhadap Degradasi Lignin Tandan Kosong Kelapa Sawit

Elvi Yenie¹⁾ & Syelvia Putri Utami²⁾

¹⁾ Dosen Teknik Lingkungan S1 ²⁾ Dosen Teknik Kimia S1
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas, Km.12,5, Panam-Pekanbaru
Email: elviyenie@yahoo.co.id

Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah industri Crude Palm Oil (CPO) yang sangat melimpah. Produksi rerata TKKS adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar. Pembuangan TKKS yang merupakan materi organik tanpa kendali ke lahan di kebun sawit yang mengakibatkan tumpukan biomassa dalam jumlah yang sangat besar akan terjadi proses dekomposisi secara anaerobik atau proses pembusukan skala besar. Lignin merupakan komponen limbah TKKS yang relatif sulit didegradasi. Senyawa ini merupakan polimer struktural yang berasosiasi dengan selulosa dan hemiselulosa. Jamur Pelapuk Putih (JPP) merupakan satu-satunya organisme yang mampu mendegradasi lignin secara sempurna menjadi CO_2 dan H_2O . pH dan suhu merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam produksi enzim lignin peroksidase dan enzim ini bertugas untuk mendegradasi lignin. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh suhu, dan pH terhadap degradasi lignin pada tandan kosong kelapa sawit menggunakan jamur merang (*Volvariella volvacea*) sebagai jamur pelapuk putih. Faktor-faktor lingkungan seperti pH, dan suhu dilakukan pengukuran selama pertumbuhan jamur merang dari hari ke 4 hingga hari ke 25 menunjukkan terjadinya proses degradasi lignin oleh jamur. Semakin lama waktu penanaman jamur (inkubasi) % lignin yang hilang semakin besar untuk masing-masing berat bibit jamur yang diberikan. Pada berat bibit jamur 100 gr, 150 gr dan 200 gr masing-masing penurunan lignin (degradasi) sebesar 16,6 %; 20 %; dan 22 %.

Keywords: Tandan Kosong Kelapa Sawit, Lignin, Jamur Merang, Suhu, pH, Kelembaban

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit saat ini tersebar di hampir seluruh provinsi di Indonesia. Provinsi Riau pada Tahun 2014 dengan luas areal seluas 2,30 juta Ha merupakan provinsi yang mempunyai perkebunan kelapa sawit terluas disusul berturut-turut Provinsi Sumatera Utara seluas 1,39 juta Ha, Provinsi Kalimantan Tengah seluas 1,16 juta Ha dan Sumatera Selatan dengan luas 1,11 juta Ha serta provinsi-provinsi lainnya [Ditjen Perkebunan, 2014].

Pengolahan kelapa sawit selain menghasilkan CPO juga menghasilkan produk-produk samping dan limbah, yang bila tidak diperlakukan dengan benar akan berdampak negatif terhadap lingkungan [Sibarani. et.al.,2007]. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah industri Crude Palm Oil (CPO) yang sangat melimpah. Produksi

rerata TKKS adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar [Arif, 2012].

Pembuangan TKKS yang merupakan materi organik tanpa kendali ke lahan di kebun sawit yang mengakibatkan tumpukan biomassa dalam jumlah yang sangat besar akan terjadi proses dekomposisi secara anaerobik atau proses pembusukan skala besar. Gas-gas yang mencemari atmosfer seperti gas CH_4 , H_2S , NH_3 , dan NO_x dapat terproduksi dari proses pembusukan TKKS dan produksi lindi yang mengakibatkan pencemaran air tanah dan air permukaan. Secara global gas-gas tersebut mengakibatkan efek rumah kaca, sedangkan secara lokal dapat mengakibatkan bau dan mengganggu kesehatan. Melihat potensi pencemarannya terhadap

lingkungan maka limbah TKKS harus dikelola secara bijaksana.

Sebagai limbah, TKKS berpotensi untuk dimanfaatkan kembali, misalnya dengan cara dimanfaatkan sebagai bahan alternatif bahan baku pupuk kompos [Dahyar, 2010], produksi bioetanol [Muryanto, et al., 2012; Kim dan Kim, 2013; dan Sudiyani, dkk., 2010], untuk mengisi rongga jok mobil, membuat matras atau kasur, briket, briket, dan bahan baku pembuatan kertas [Ahira, 2013].

Sebagaimana diketahui bahwa TKKS tidak dapat langsung terurai, tetapi masih dalam bentuk unsur yang kompleks. Kandungan TKKS meliputi selulosa (41-46,5%), hemiselulosa (25,3-33,8 %), dan lignin (27,6-32,5%) [Suriyani, 2009]. Lignin merupakan komponen limbah TKKS yang relatif sulit didegradasi. Senyawa ini merupakan polimer struktural yang berasosiasi dengan selulosa dan hemiselulosa. Agar dapat diubah menjadi unsur yang lebih sederhana, TKKS harus didegradasi terlebih dahulu dengan melakukan perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*).

Perlakuan pendahuluan merupakan tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal karena penting untuk pengembangan teknologi biokonversi lignoselulosa dalam skala komersial [Mosier et al. 2005]. Perlakuan pendahuluan pada penelitian ini menggunakan jamur sebagai agen proses delignifikasi yang ramah lingkungan.

Jamur Pelapuk Putih (JPP) merupakan satu-satunya organisme yang mampu mendegradasi lignin secara sempurna menjadi CO₂ dan H₂O [Buckley dan Dobson, 1998]. Keunikannya dalam mendegradasi lignin sangat selektif sehingga relatif tidak merusak serat selulosa [Srebotnik dan Messner, 1994] dan kelompok jamur yang menghasilkan enzim ligninolitik [Risdiyanto et al., 2007]. Struktur yang kompleks dari lignin dengan berat molekul yang

tinggi dan tidak larut dalam air membuat lignin sukar didegradasi [Perez et al., 2002]. Degradasi lignin oleh jamur pelapuk putih merupakan proses oksidatif. Enzim oksidatif merupakan enzim non-spesifik dan bekerja melalui mediator bukan protein yang berperan dalam degradasi lignin [Perez et al., 2002]. Enzim pendegradasi lignin terdiri dari Lignin Peroksidase (LiP), Manganase Peroksidase (MnP) dan Lakase. Adanya enzim ini akan mendegradasi lignin menjadi senyawa yang lebih sederhana [Kerem dan Hadar, 1998].

pH dan suhu merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam produksi enzim lignin peroksidase. Setiap enzim memerlukan suhu dan pH optimum yang berbeda-beda karena enzim adalah protein yang dapat mengalami perubahan bentuk jika suhu dan pH berubah [Supriyanto, 2009]. Jamur mampu tumbuh dalam skala laboratorium pada kisaran pH yang cukup luas yaitu antara 4,5-8,0 dengan pH optimum antara 5,5-7,5 atau bergantung pada jenis jamurnya [Lim, 1998]. Menurut Widiastuti, dkk (2007), pH media berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi enzim. Pada umumnya jamur tumbuh dan menghasilkan berbagai macam enzim pada kisaran pH asam. Levin et al., (2002) menyatakan bahwa kandungan N yang tinggi dapat menaikkan pH dan ini akan mempengaruhi kemampuan ligninolitik.

Selain pH, suhu juga berperan penting dalam produksi enzim lignin peroksidase [Xu, et al, 2001]. Setiap jamur mempunyai suhu optimum, minimum dan maksimum yang berbeda untuk pertumbuhannya. Pertumbuhan pada suhu di bawah suhu optimum dapat menurunkan rata-rata metabolisme selnya. Suhu di atas optimum, menyebabkan pertumbuhan menurun dan dimungkinkan terjadinya kematian jika melampaui suhu maksimumnya [Hossain, dan Anantharaman, 2008].

Degradasi limbah TKKS menggunakan jamur merang (*Volvariella volvacea*), sebagai jamur pelapuk putih dapat menjadi suatu solusi dalam pengendalian pencemaran terhadap lingkungan.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pencegahan Pencemaran Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau. Penelitian dilaksanakan Mei sampai Desember 2017. Bahan yang digunakan adalah limbah tandan kosong kelapa sawit, air, bibit jamur merang, dedak, urea, TSP dan kapur. Peralatan yang digunakan termometer, higrometer, tempat pertumbuhan jamur/kumbung, timbangan, satu set alat ukur (pH dan kelembaban), alat-alat gelas, autoclave, hand sprayer, terpal, keranjang, sarung tangan, masker.

A. Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Media tanam yang digunakan berupa tandan kosong sawit cacahan. Pada TKKS cacahan ditambahkan kapur (2,5%), TSP (0,125%), urea (0,25%), dan dedak (5%) yang dikomposkan selama 3 hari. Ketebalan media tanam adalah 25 cm. Penanaman dilakukan dengan cara mencampur bibit pada media. Penyiraman media 1 x sehari.

Variabel Berubah

Bibit yang digunakan dengan variasi berat sebanyak 100 gram, 150 gram, dan 200 gram.

B. Metode

Degradasi Tandan kosong Kelapa Sawit / Delignifikasi.

C. Prosedur Penelitian

Sterilisasi media. Media dan tambahan nutrisi dimasukkan dalam plastik untuk disterilisasi.

Sterilisasi media menggunakan alat autoclave selama 15 menit.

Penanaman bibit. Bibit yang digunakan dengan variasi berat sebanyak 100 gram, 150 gram, dan 200 gram. Penanaman dilakukan dengan cara mencampur bibit pada media. Setelah ditanami bibit pintu kumbung ditutup selama 3 hari, pada hari keempat exhaust fan dihidupkan selama 5 menit pada siang hari. Penyiraman dilakukan 1 x sehari.

Pemeliharaan. Pemeliharaan dilakukan meliputi pengaturan suhu, kelembaban, dan pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) dimana suhu dijaga agar tetap berada pada range 32-35°C dan kelembaban 90-95%.

Panen. Pemanenan dilakukan pada hari ke 15 setelah penanaman. Pemanenan dilakukan dengan interval waktu 5 hari sekali dengan rentang waktu 25 hari.

Pengukuran. Pengukuran degradasi lignin pada jamur dilakukan pada saat munculnya miselium, selanjutnya dengan interval waktu 5 hari sekali selama 25 hari pada variasi berat bibit jamur merang 100 gr, 150 gr dan 200 gr. Keberhasilan degradasi dari TKKS dianalisa dengan mengukur penurunan % kadar lignin menggunakan metode Chesson [Datta, 1981]

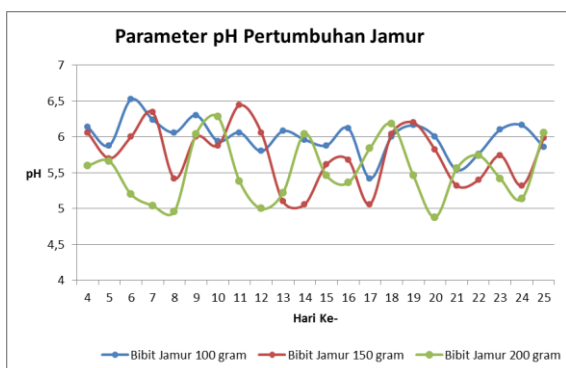
HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan jamur merang (JPP) dalam mendegradasi lignin berpengaruh terhadap kondisi lingkungan pertumbuhan jamur, seperti pH, dan suhu. Dengan tumbuhnya jamur maka struktur lignin akan terdegradasi sehingga mempermudah perlakuan selanjutnya sehingga waktu yang dibutuhkan singkat. Hal ini disebabkan karena jamur pengguna selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat mengurai dan memanfaatkan komponen kayu sebagai sumber C (karbon).

Media tandan kosong kelapa sawit yang digunakan sebagai tempat tumbuhnya jamur merang ditambahkan nutrisi salah satunya adalah dedak agar dapat mempercepat pertumbuhan miselium jamur. Sesuai dengan pernyataan Parjimo dan Andoko [2007] yang menyatakan bahwa dedak mampu mempercepat pertumbuhan miselium dan mendorong perkembangan tubuh buah jamur.

Jamur mendapat makanan dalam bentuk selulosa, glukosa, lignin, protein dan senyawa pati. Bahan-bahan tersebut sebagian besar diperoleh dari tandan kosong kelapa sawit yang digunakan sebagai media tanam jamur merang. Jamur merang akan menyerap nutrisi lebih tinggi jika kondisi lingkungan dan syarat tumbuh yang dibutuhkan terpenuhi seperti pH, dan suhu.

Analisis awal fisika kimia tandan kosong kelapa sawit dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal cacahan sebagai media tumbuh jamur merang (*Volvariella volvacea* L). Karakteristik awal tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Parameter pH pertumbuhan jamur

Pada penelitian ini menggunakan variasi bibit jamur merang (*Volvariella volvacea*) sebanyak 100 gr, 150 gr dan 200 gr. Pada grafik Gambar 1. terlihat fluktuasi pH yang terukur selama pertumbuhan jamur mulai hari ke-4 sampai hari ke-25 berada pada range 5 - 6,5. Menurut Wiardani[2010] mengatakan bahwa tingkat keasaman media yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah menyebabkan pertumbuhan vegetatif jamur menjadi lama. Jamur tumbuh

Tabel 1. Karakteristik Awal Tandans Kosong Kelapa Sawit

No	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Suhu	oC	46,80
2.	pH	-	8
3.	Kelembaban	%	35,24
4.	Lignin	%	29,87

1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur merang (*Volvariella volvacea* L)

a. pH

pH atau derajat keasaman merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur pada media tanam. Secara umum, hampir semua miselium jamur tumbuh optimal pada pH netral (antara 6,5-7,0) [Achmad dkk, 2011]. Pada pertumbuhan jamur merang kebutuhan akan pH media tumbuh berkisar antara pH 5,0 sampai dengan 8,0 [Sinaga, 2001].

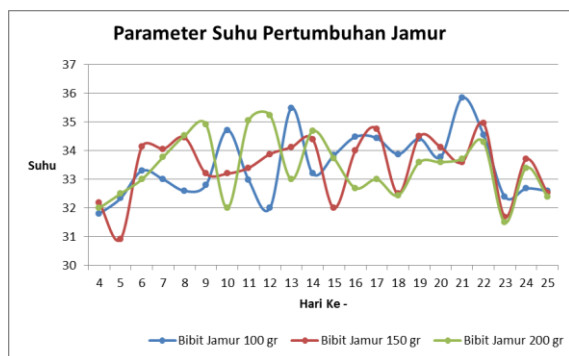
optimum pada pH media 6 sampai 7. Sesuai dengan pernyataan Sumarsih [2010] bahwa perubahan pH yang terjadi pada media tanam akibat adanya proses perombakan lignoselulosa dan senyawa organik lain yang menghasilkan asam-asam organik.

Pertumbuhan jamur yang terhambat dan terbatas jumlahnya yang disebabkan oleh pH yang tidak sesuai akan berpengaruh terhadap proses degradasi lignin. Dikarenakan sumber bahan organik seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai sumber nitrogen dan karbon yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan jamur untuk proses metabolisme sel.

b. Suhu

Suhu dalam kumbung dan suhu media tanam sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan

jamur, kisaran suhu yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur merang antara 30 -35°C dan suhu paling sesuai adalah 32°C (Chang dan Miles, 1987).



Gambar 2. Parameter Suhu pertumbuhan jamur

Pada pengamatan di lapangan selama penelitian, suhu didalam kumbung berkisar antara 31 –35°C. Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa rata-rata suhu pada media tandan kosong kelapa sawit relatif sama pada variasi berat bibit jamur merang sebanyak 100 gr, 150 gr, dan 200 gr adalah 33,50 oC, 33,47 oC, dan 33,41 oC. Suhu yang relatif sama pada setiap media tanam jamur merang disebabkan pada setiap media tanam belum terjadi kehilangan panas yang berasal dari proses dekomposisi media tanam.

Suhu media tanam jamur merang merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan miselium jamur. Jamur merang memerlukan kisaran suhu antara 35-38oC untuk pertumbuhan miselium [Sinaga, 2001]

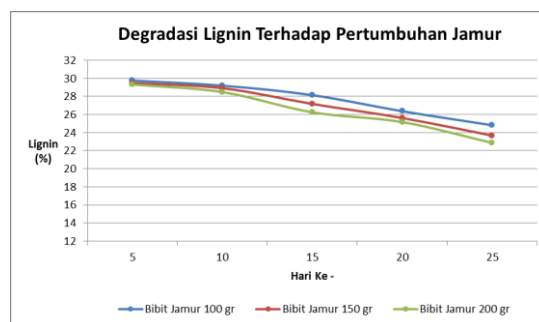
Jamur merang (*Volvariella volvacea*) merupakan organisme yang bersifat saprofit, yaitu menggunakan sumber karbon yang berasal dari bahan organik untuk diuraikan menjadi senyawa karbon sederhana kemudian diserap masuk ke dalam miselium jamur. Kemampuan menguraikan senyawa organik ini menyebabkan jamur merang (*Volvariella volvacea*) dapat tumbuh pada berbagai

bahan yang mengandung karbohidrat atau senyawa karbon organik lainnya [Muliani, 2000].

Jumlah bibit yang diberikan tidak akan berpengaruh terhadap hasil jamur, tetapi berpengaruh pada penekanan tumbuhnya jamur atau cendawan kontaminan [Widiyastuti, 2008]. Penyebaran bibit jamur yang dilakukan dengan mencampurkan pada media tanam menyebabkan miselium lebih cepat menyebar di dalam media tanam [Manan,1989]. Dengan demikian miselium yang tumbuh banyak pada media TKKS menyebabkan lignin banyak terdegradasi.

c. Degradasi lignin pada media tandan kosong kelapa sawit

Lignin merupakan senyawa polimer aromatik yang sulit didegradasi dan hanya sedikit organisme yang mampu mendegradasi lignin, diantaranya jamur pelapuk putih. Jamur mengalami aktivitas biokimia dengan mengeluarkan enzim yang sesuai dengan substratnya, yaitu amilase dan protease, yang akan mendegradasikan nutrisi karbohidrat dan protein yang terkandung di dalam media [Rashad et al., 2009].



Gambar 3. Degradasi lignin terhadap pertumbuhan jamur

Pengukuran kandungan lignin awal tandan kosong kelapa sawit sebesar 29,87 % dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dari Gambar 3. dapat dilihat bahwa semakin lama waktu penanaman jamur (inkubasi)

% lignin yang hilang semakin besar untuk masing-masing berat bibit jamur yang diberikan. Pada berat bibit 100 gr, 150 gr dan 200 gr persentase degradasi lignin adalah 16,6 %, 20 %, dan 22 %. Penambahan nutrisi akan meningkatkan laju degradasi lignin, dan meningkatkan pertumbuhan jamur.

Biodegradasi lignin terjadi karena jamur merang (*Volvariella volvacea*) sebagai jamur pelapuk putih menghasilkan enzim degradasi lignin ekstraselular, yaitu lignin peroksidase dan Mn peroksidase yang disebut sebagai keadaan ligninolitik. Li Peroksidase merupakan katalis utama dalam proses ligninolitik oleh jamur karena mampu memecah unit non fenolik yang menyusun sekitar 90 persen struktur lignin [Srebotnik et al. 1994]. Jamur merang (*Volvariella volvacea*) termasuk ke dalam kelas *Basidiomycetes* sehingga Li peroksida berperan sebagai enzim ligninolitik. Li Peroksida merupakan enzim ligninolitik pertama yang berhasil ditemukan [Hammel, 1997] yang diisolasi dari beberapa jamur pelapuk putih (Perez et al. 2002) dari kelas *Basidiomycetes* [Piontek et al. 2001].

Faktor-faktor lingkungan seperti pH, dan suhu yang diukur selama pertumbuhan jamur merang dari hari ke 4 hingga hari ke 25 menunjukkan terjadi proses degradasi lignin oleh jamur merang (*Volvariella volvacea*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Supriyanto (2009), bahwa kerja enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu substrat, suhu, dan pH.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor lingkungan seperti pH, dan suhu yang diukur selama pertumbuhan jamur merang dari hari ke 4 hingga hari ke 25 menunjukkan

terjadi proses degradasi lignin oleh jamur merang (*Volvariella volvacea*).

2. Semakin lama waktu penanaman jamur (inkubasi) % lignin yang hilang semakin besar untuk masing-masing berat bibit jamur yang diberikan. Pada berat bibit jamur 100 gr, 150 gr dan 200 gr masing-masing penurunan lignin (degradasi) sebesar 16,6 %, 20 %, dan 22 %.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Supriyanto**, “Manfaat Jamur Pelapuk Putih *Phanerochaete Chrysosporium* L1 Dan *Pleurotus Eb9* Untuk Biobleaching Pulp Kardus Bekas,” Skripsi, Institut Pertanian Bogor : Bogor (2009).
- Chang S.T. dan Miles P.G.**, 1989. “Edible Mushrooms and Their Cultivation”. CRC Press, Inc, Boca Raton Florida.
- Dahyar, A.** (2010). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Azola Menjadi Kompos Pupuk Tablet. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.
- F. Xu, H. Chen, and Z. Li**, “Solid-State production of Lignin Peroxidase (LiP) and Mangan peroxidase (MnP) by *Phanerochaete chrysosporium* using steam-exploded straw as substrate,” *Bioresource Technology*, 80 (2001) 149-151.
- H. Widiastuti, Siswanto, and Suharyanto**, “Optimasi pertumbuhan aktifitas enzim ligninolitik *Omphalia* sp. dan *Pleurotus ostreatus* pada fermentasi padat,” *Menara Perkebunan*, Vol. 2 (2007) 93-105.
- Hammel K.E.** 1997. Fungal Degradation of Lignin. Di Dalam: Cadisch G, Giller KE, Editor. *Driven By Nature: Plant Litter Quality And Decomposition*. London: CAB International. hlm. 33-45.
- H. Risdianto, S.H. Suhardi, W. Niloperbowo, dan T. Setiadi**, ” Produksi Lakase dan potensi aplikasinya dalam Proses pemutihan pulp,” *Berita Selulosa*, Vol. 43 (2008) 1-10.

- J. Perez**, "Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview," Departamento de Microbiologia, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva, 18071 Granada, Spain. (2002).
- Kim, S. & Kim, C.H.** (2013). Bioethanol Production Using the Sequential Acid/alkali-pretreated Empty Palm Fruit Bunch Fiber. *Renewable Energy*. 54, 150-155.
- Levin I, Forchiassin, F., Ramos, A.M.** (2002). Copper induction of lignin-modifying enzymes in the white-rot fungus *Trametes trogii*. *Mycologia* 94, 377-383.
- Muryanto, Sahlan, M. & Sudiyani, Y.** (2012). Simultaneous Saccharification and fermentation of Oil Palm Empty Fruit Bunch for Bioethanol Production by *Rhizopus oryzae*. *International Journal of Environment and Bioenergy*. 3(2), 111-120.
- Muliani, L.** 2000. Produksi Biomassa Miselia Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr) (Kummer) Pada Media Padat Dengan Memanfaatkan Hasil Samping Penggilingan Gandum (Pollard dan Bran). Institut Teknologi Bogor, Bogor.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez.** 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int. Microbiol.* 5:53-63.
- Piontek K., A.T. Smith and W. Blodig.** 2001. Lignin peroxidase structure and function. *Biochem. Soc. Trans.* 29(2):111-116.
- Rashad, M. M., H. M. Abdou, A. E. Mahmoud and M. U. Nooman.** 2009. Nutritional Analysis and Enzyme Activities of *Pleurotus ostreatus* Cultivated on Citrus limonium and *Carica papaya* Wastes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* (4): 3352-3360.
- Srebotnik E., K.A. Jensen and K.E. Hammel.** 1994. Fungal degradation of recalcitrant nonphenolic lignin structure without lignin peroxidase. *Proc Natl Acad Sci* 91:12794-12797
- Sinaga, M.S.** 2009 . Jamur Merang dan Budidayanya. Penebar Swadaya. Jakarta
- S.M. Hossain, and N. Anantharaman,** "Effect of wheat straw powder on enhancement of ligninolytic enzyme activity using *Phanerochate chrysosporium*," *Indian Journal of Biotechnology*. Vol. 7 (2008) 502-507
- Suharnowo, L. S. Budipramana dan Isnawati.** 2012. Pertumbuhan Miselium Dan Produksi Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Dengan Memanfaatkan Kulit Ari Biji Kedelai Sebagai Campuran pada Media Tanam. *LenteraBio* (1) : 125–130
- Sudiyani, Y., Heru, R. & Alawiyah, S.** (2010). Pemanfaatan Biomassa Limbah Lignoselulosa untuk Bioetanol sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan. *Ecolab*. 4(1), 1-54.
- Wiardani, I.** 2010. Budi Daya Jamur Konsumsi Menanggung Untung dari Budi Daya Jamur Tiram dan Kuping. Lili Publisher. Yogyakarta.
- Widyastuti, N, dan D. Tjokrokusumo.** 2008. Aspek Lingkungan sebagai Faktor Penentu Keberhasilan Budidaya Jamur Tiram (*Pleurotus* sp). *Jurnal Teknologi Lingkungan* 9 (3) : 287-293.