

Efisiensi Energi Bahan Bakar Sekam dan Kayu pada Proses Sterilisasi Media Tumbuh Jamur Tiram Putih

(Efficiency Energy in Rice Husk Fuel and Wood for *Pleurotus otreatus* Medium Sterilization)

Abdul Djamil Husin¹, Irzaman^{1*}, Jajang Juansah¹, Touwil Umrih¹, Khafit Pratama Hendratno¹, Ella Rahmadani¹, Sumarjono Effendy²

ABSTRAK

Telah diteliti sterilisasi media tumbuh jamur tiram menggunakan bahan bakar sekam padi dan kayu dengan ragam waktu 6, 8, dan 10 jam. Efisiensi energi pada proses sterilisasi media jamur tiram pada waktu pengukuran 8 jam menggunakan bahan bakar sekam mencapai 14,28%, sedangkan efisiensi energi pada proses sterilisasi media jamur tiram menggunakan bahan bakar kayu mencapai 17,35%. Ini menunjukkan bahwa tungku sekam sangat cocok digunakan sebagai energi alternatif terbarukan yang dapat diterapkan untuk daerah E3¹ (*Energy, Economics and Environment*).

Kata kunci: efisiensi energi, jamur tiram, sekam padi, sterilisasi

ABSTRACT

We have investigated the sterilization at media *Pleurotus otreatus* using rice husk fuel and wood in various durations, 6, 8 and 10 hours. We carried out energy efficiency for *Pleurotus otreatus* medium sterilization in 8 hours using rice husk fuel is 14.28%, whereas energy efficiency for *Pleurotus otreatus* medium sterilization using wood is 17.35%. The results showed that cooking stove from rice husk are suitable for use as renewable energy technology applications to support E3¹ village (*Energy, Economics and Environment*).

Keywords: efficiency energy, *Pleurotus otreatus*, rice husk, sterilization

PENDAHULUAN

Dalam produksi jamur dunia, produksi jamur tiram menempati urutan ke dua setelah jamur kancing. Jenis jamur tiram yang dapat dikonsumsi diantaranya adalah jamur tiram putih, jamur tiram merah jambu, jamur tiram abu-abu, jamur tiram coklat, jamur tiram hitam, dan jamur tiram kuning. Jamur yang sering dikonsumsi dan dibudidayakan oleh masyarakat adalah jamur tiram putih.

Kendala yang dihadapi oleh petani saat ini ialah mahalnya peralatan sterilisasi media tumbuh jamur (*baglog*) yang memadai. Sebagian petani telah menggunakan bahan bakar minyak tanah, gas, dan kayu. Tetapi, semakin lama bahan bakar tersebut semakin sukar didapatkan. Alternatifnya ialah menggunakan sekam sebagai bahan bakar pengganti dan tungku sekam sebagai alatnya. Dengan tungku sekam, diharapkan sterilisasi *baglog* dapat optimal dengan waktu yang singkat.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari efisiensi energi bahan bakar sekam dan kayu pada proses sterilisasi *baglog* jamur tiram putih dan mempelajari waktu sterilisasi *baglog* jamur tiram putih yang dapat menghasilkan kuantitas panen terbaik.

¹ Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

² Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

* Penulis korespondensi: E-mail: irzaman@yahoo.com

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan terdiri atas alat utama dan alat bantu. Alat utama berupa seperangkat tungku sekam, tungku kayu, drum dan penutup drum. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit jamur tiram putih, *baglog* terdiri atas serbuk gergaji, dedak, tepung jagung, kapur pertanian, gipsum, air serta bahan bakar berupa sekam dan kayu.

Gambar 1 memperlihatkan diagram alir dari penelitian. Tahapan penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan, tahapan budi daya jamur tiram putih, perhitungan efisiensi bahan bakar, serta analisis data menggunakan metode rancangan acak lengkap.

Perhitungan efisiensi bahan bakar

Untuk menghitung efisiensi bahan bakar perlu dicari dahulu laju energi yang dibutuhkan untuk memasak dengan menggunakan persamaan:

$$Q_n = \frac{m_f \times E_s}{T} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

Q_n = laju energi yang dibutuhkan (kkal/hari)

m_f = massa air (kg)

E_s = Energi Spesifik (kkal/kg)

T = waktu pemasakan (hari)

Efisiensi bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\zeta_g = \frac{Q_n}{HVF \times FCR} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

- ζg = efisiensi bahan bakar (%)
- FCR = (fuel consumption rate), yaitu laju bahan bakar yang dibutuhkan (kg/hari)
- Qn = laju energi yang dibutuhkan (kkal/hari)
- HVF = (heat value fuel), yaitu energi yang terkandung dalam bahan bakar (kkal/kg).

Analisis data menggunakan metode rancangan acak lengkap

Rumus untuk menghitung jumlah kuadrat dibedakan menjadi dua, yaitu untuk percobaan dengan ulangan setiap perlakuan sama dan ulangan setiap perlakuan tidak sama. Untuk perlakuan sama dapat dirumuskan sebagai berikut.

FK : Faktor koreksi

$$FK = y^2 \times t \times r \dots\dots\dots (3.3)$$

JKT : Jumlah kuadrat total

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - FK \dots\dots\dots (3.4)$$

JKP : Jumlah kuadrat perlakuan

$$JKP = \sum r y_i^2 - FK \dots\dots\dots (3.5)$$

JKG : Jumlah kuadrat galat

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (y_{ij} - y_j)^2 \dots\dots\dots (3.6)$$

$$JKG = JKT - JKP \dots\dots\dots (3.7)$$

KTP : Kuadrat tengah perlakuan

$$KTP = \frac{JKP}{DbP} \dots\dots\dots (3.8)$$

KTG : Kuadrat tengah galat

$$KTG = \frac{JKG}{DbG} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$F_{hit} = \frac{KTP}{KTG} \dots\dots\dots (3.10)$$

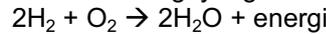
Keterangan:

- t = perlakuan
- r = ulangan
- y = rata-rata umum
- DbP = derajat bebas perlakuan
- DbG = derajat bebas galat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Efisiensi Energi Bahan Bakar Sekam dan Kayu

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada gas oksigen yang cukup. Dalam proses pembakaran komponen utama yang menimbulkan kalor adalah hidrogen dan karbon. Dua unsur tersebut bereaksi dengan gas oksigen maka akan menghasilkan energi yang dirumuskan sebagai berikut:

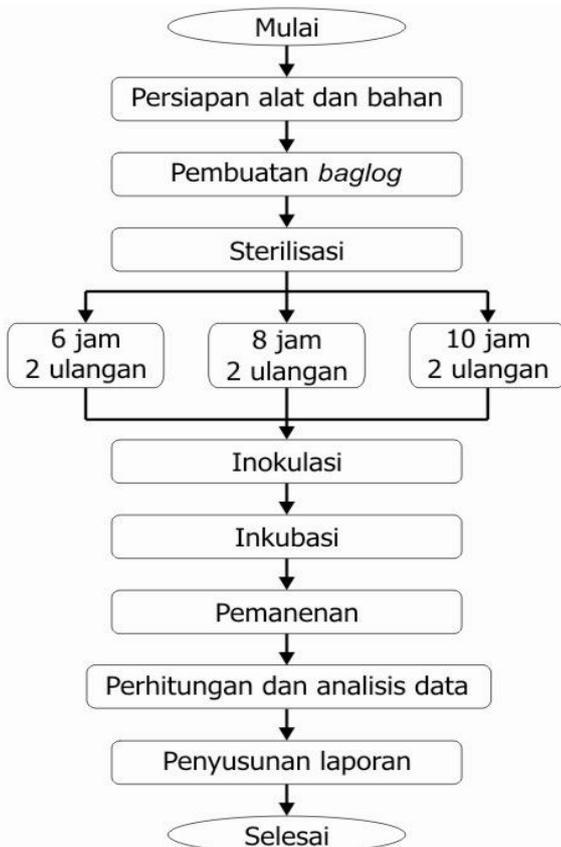


Pada proses sterilisasi media jamur tiram terdapat tiga proses perpindahan kalor yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Peristiwa konduksi terjadi saat energi kalor dari api tungku sekam ditransfer menuju drum. Peristiwa konveksi terjadi pada proses pemanasan air di dalam drum sedangkan radiasi terjadi dari api tungku sekam yang meradiasikan panasnya ke lingkungan sekitar.

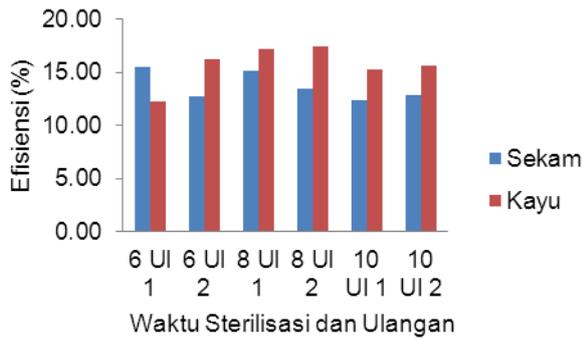
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa efisiensi bahan bakar dipengaruhi oleh energi yang dibutuhkan. Semakin besar energi yang dibutuhkan maka efisiensi bahan bakar akan semakin besar. Selain itu efisiensi bahan bakar juga dipengaruhi oleh besar bahan bakar yang dibutuhkan. Semakin besar bahan bakar yang dibutuhkan maka efisiensi energinya akan semakin kecil.

Nilai efisiensi bahan bakar sekam mencapai 14,13% pada pengukusan 6 jam, 14,28% pada pengukusan 8 jam, dan 12,6% pada pengukusan 10 jam. Bahan bakar kayu mencapai 14,25% pada pengukusan 6 jam, 17,35% pada pengukusan 8 jam, dan 15,47% pada pengukusan 10 jam.

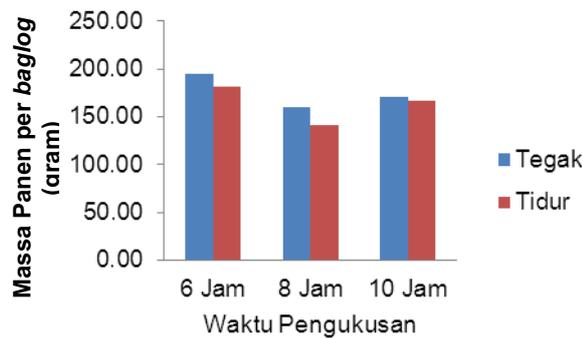
Efisiensi bahan bakar sekam terbaik terdapat pada pengukusan 8 jam sebesar 14,28%. Menurut Nawafi 2010⁶, efisiensi bahan bakar sekam pada sistem *nonboiler* mencapai 21,04%. Sedangkan pada sistem *boiler* mencapai 22,18%.



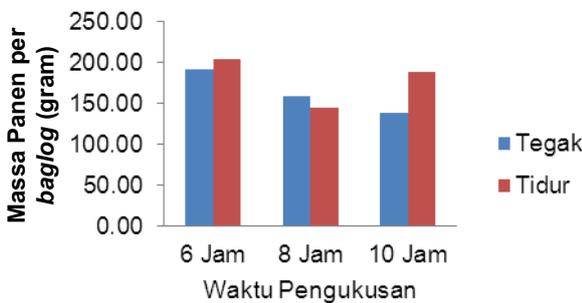
Gambar 1 Diagram alir penelitian.



Gambar 2 Efisiensi energi tiap waktu pengukusan dan ulangan.



Gambar 3 Massa panen per baglog tiap waktu pengukusan pada bahan bakar sekam.



Gambar 4 Massa panen per baglog tiap waktu pengukusan pada bahan bakar kayu.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat secara keseluruhan efisiensi bahan bakar kayu lebih efisien dibandingkan bahan sekam padi karena unsur kimia yang menghasilkan energi kalor (hidrogen dan karbon) pada kayu lebih banyak dibandingkan pada sekam. Besar komposisi hidrogen dan karbon pada kayu sebesar 6 dan 50%, oksigen 44%. Sedangkan pada sekam komposisi hidrogen dan karbon sebesar karbon 1,54 dan 1,33%, oksigen 33,64%. Energi yang dibutuhkan bahan bakar kayu lebih besar dibandingkan bahan bakar sekam.

Perbandingan Hasil Sterilisasi Media Selama 6, 8, dan 10 jam

Proses sterilisasi media tumbuh jamur tiram menggunakan bahan bakar sekam dan kayu masih terdapat baglog yang terkontaminasi. Kontaminasi terbanyak pada bahan bakar sekam dan kayu berturut-turut terdapat pada waktu pengukusan 6 jam ulangan 1 dan pengukusan 8 jam ulangan 1. Jumlah baglog yang tumbuh terbanyak untuk bahan bakar sekam terdapat pada waktu pengukusan 8 jam ulangan 2 dan untuk bahan bakar kayu terdapat pada waktu pengukusan 8 jam ulangan 2.

Selain dipengaruhi oleh lama pengukusan, banyaknya kontaminasi dipengaruhi oleh faktor lain yaitu bahan dari baglog itu sendiri ataupun dari proses inokulasi yang tidak steril sehingga media yang sudah steril dapat kembali terkontaminasi.

Massa panen jamur tiram per baglog untuk bahan bakar sekam yang terbanyak terdapat pada waktu pengukusan 6 jam perlakuan tegak dengan massanya sebesar 195,33 g. Pada bahan bakar kayu terbanyak terdapat pada waktu pengukusan 6 jam perlakuan tidur dengan massanya sebesar 203,87 g. Waktu sterilisasi yang menghasilkan kuantitas panen terbaik terdapat pada waktu pengukusan 6 jam. Perbandingan jumlah baglog yang terkontaminasi dan jumlah panen per baglog pada masing-masing waktu pengukusan dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4, perlakuan tegak pada saat pemeliharaan akan memberikan massa panen per baglog lebih besar dari pada perlakuan tidur. Hal tersebut dikarenakan penyebaran

Tabel 1 Perbandingan efisiensi bahan bakar sekam dan kayu untuk masing-masing perlakuan lamanya pengukusan media tumbuh jamur tiram putih

Bahan Bakar	Lama Pengukusan (jam)	Ulangan	HVF (kkal/kg)	FCR (kg/hari)	Qn (kkal/hari)	Efisiensi (%)	Rata-rata Efisiensi (%)
Sekam	6	1	3.300	75,60	38.696,18	15,51	14,13
		2	3.300	78,80	33.157,08	12,75	
	8	1	3.300	102,90	51.369,39	15,13	
		2	3.300	107,10	47.480,56	13,43	
	10	1	3.300	99,60	40.580,44	12,35	
		2	3.300	101,52	43.060,19	12,85	
Kayu	6	1	3.355	87,60	35.958,41	12,23	14,25
		2	3.355	81,20	44.284,70	16,26	
	8	1	3.355	96,00	55.404,03	17,20	
		2	3.355	109,20	64.097,28	17,50	
	10	1	3.355	110,64	56.679,16	15,27	
		2	3.355	103,68	54.519,87	15,67	

Tabel 2 Perbandingan jumlah *baglog* yang terkontaminasi dan jumlah panen per *baglog* pada masing-masing waktu pengukusan

Bahan Bakar	Lama Pengukusan (jam)	Perlakuan	Baglog Hasil Sterilisasi	Kontaminasi	Jumlah Baglog yang Tumbuh	Massa Jamur Total (g)	Massa Jamur Per Baglog (g)
Sekam	6	Tegak	75	30	45	8.790	195,33
		Tidur	75	10	65	11.800	181,54
	8	Tegak	75	17	58	9.290	160,17
		Tidur	75	7	68	9.560	140,59
	10	Tegak	75	15	60	10.250	170,83
		Tidur	75	11	64	10.630	166,09
Kayu	6	Tegak	75	11	64	12.270	191,72
		Tidur	75	13	62	12.640	203,87
	8	Tegak	75	20	55	8.750	159,09
		Tidur	75	8	67	9.720	145,07
	10	Tegak	75	11	64	8.870	138,59
		Tidur	75	17	58	11.000	189,66

Tabel 3 Jumlah *baglog* yang tumbuh dan massa jamur tiram per *baglog* pada bahan bakar sekam

Baris	Baglog Hasil Sterilisasi 6, 8, 10 jam untuk Ujangan 1 dan 2	Kontaminasi	Jumlah Baglog yang Tumbuh	Massa Jamur Total (g)	Massa Jamur Per Baglog (g)
1	126	25	101	17.730	175,54
2	126	14	112	16.490	147,23
3	126	35	91	17.800	195,60
4	72	16	56	8.300	148,21
Total	450	90	360	60.320	167,56

Tabel 4 Jumlah *baglog* yang tumbuh dan massa jamur tiram per *baglog* pada bahan bakar kayu

Baris	Baglog Hasil Sterilisasi 6, 8, 10 jam serta Ujangan 1 dan 2	Kontaminasi	Jumlah Baglog yang Tumbuh	Massa Jamur Total (g)	Massa Jamur Per Baglog (g)
1	126	26	100	18.820	188,20
2	126	32	94	15.480	164,68
3	126	15	111	17.410	156,85
4	72	7	65	11.540	177,54
Total	450	80	370	63.250	170,95

miselium pada perlakuan tegak miselium cepat menyebar ke seluruh permukaan *baglog*. Perlakuan tidur terlihat sedikit lebih cepat di permukaan atas, hal ini kemungkinan disebabkan faktor gravitasi yang menyebabkan konsentrasi air bagian bawah *baglog* lebih besar sehingga pertumbuhan miselium lambat.

Perbandingan Hasil Sterilisasi Media pada Baris 1, 2, 3, dan 4

Baris 1 adalah susunan *baglog* terbawah dekat sumber kalor (uap air), sedangkan baris 2, 3, 4 berturut-turut berada di atas baris 1 serta baris 4 adalah susunan *baglog* paling teratas. Susunan *baglog* dalam baris 1, 2, 3, 4 sangat mempengaruhi tumbuh maupun massa jamur tiram per *baglog*. Pada Tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa sterilisasi berbahan bakar sekam menghasilkan jumlah *baglog* yang tumbuh terbanyak terdapat pada baris 2 sebesar 112 *baglog*. Pada sterilisasi berbahan bakar kayu didapatkan jumlah *baglog* yang tumbuh terbanyak terdapat pada baris 3 sebesar 111 *baglog*. Ini diduga bahwa suhu pada baris 2 dan 3 sangat ideal antara 95–140 °C bagi pertumbuhan jamur tiram.

Berdasarkan Tabel 3, besar massa jamur tiram per *baglog* sterilisasi berbahan sekam pada baris 1, 2, 3, dan 4 masing-masing sebesar 175,54, 147,23, 195,60, dan 148,21 g. Berdasarkan Tabel 4, sterilisasi berbahan kayu bakar pada baris 1, 2, 3, dan 4 masing-masing sebesar 188,20, 164,68, 156,85, dan

177,54 g. Besar massa jamur tiram baik hasil sterilisasi bahan bakar sekam maupun kayu bakar berbeda pada setiap susunan barisnya. Ini diduga bahwa suhu sterilisasi pada baris 1 (140–170 °C) lebih besar dari pada baris 2, 3, dan 4 karena pada baris 1 posisinya lebih dekat dengan sumber kalor. Pada baris 1 akan dihasilkan kuantitas panen per *baglog* yang baik.

Analisis Statistik Menggunakan Rancangan Acak Lengkap

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa perlakuan lamanya proses sterilisasi tidak berpengaruh nyata terhadap efisiensi bahan bakar sekam, karena $F_{hit} < F_{tabel}$. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa perlakuan lamanya proses sterilisasi tidak berpengaruh nyata terhadap efisiensi bahan bakar kayu, karena $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa perlakuan lamanya proses sterilisasi berpengaruh nyata terhadap massa panen per *baglog*, karena $F_{hitung} > F_{tabel}$.

KESIMPULAN

Sterilisasi media tumbuh jamur tiram dapat dilakukan dengan metode menggunakan drum. Efisiensi

Tabel 5 Sidik ragam pengaruh lamanya sterilisasi terhadap efisiensi bahan bakar sekam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hitung	F. tabel
Perlakuan	2	3.462	1.731	0,967	9.552
Galat	3	5.371	1.790	0,967	
Total	5	8.833			

Tabel 6 Sidik ragam pengaruh lamanya sterilisasi terhadap efisiensi bahan bakar kayu

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hitung	F. tabel
Perlakuan	2	9.772	4.886	1.786	9.552
Galat	3	8.208	2.736	1.786	
Total	5	17.980			

Tabel 7 Sidik ragam pengaruh lamanya sterilisasi terhadap massa panen per *baglog* pada bahan bakar sekam dan kayu

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hitung	F. tabel
Perlakuan	2	5.179.808	2.589,90	5.647	4,26
Galat	9	4.127.965	458,66	5.647	
Total	11	9.307.773			

bahan bakar sekam mencapai 14,28%. Efisiensi bahan bakar kayu mencapai 17,35%. Bahan bakar kayu lebih efisien dibandingkan bahan bakar sekam karena unsur kimia yang menghasilkan energi kalor (hidrogen dan karbon) pada kayu lebih banyak dibandingkan pada sekam. Massa panen per *baglog* terbaik pada sterilisasi berbahan bakar sekam dan kayu masing-masing terdapat pada waktu pegukusan 6 jam.

Secara keseluruhan perlakuan tegak lebih efektif menghasilkan massa panen per *baglog* dibandingkan perlakuan tidur. Hal tersebut dikarenakan penyebaran miselium pada perlakuan tegak lebih cepat menyebar ke seluruh permukaan *baglog*. Perlakuan tidur terlihat sedikit lebih cepat di permukaan atas, hal ini kemungkinan disebabkan faktor gravitasi yang menyebabkan konsentrasi air bagian bawah *baglog* lebih besar sehingga pertumbuhan miselium lambat. Perbandingan efisiensi bahan bakar, kontaminasi, dan massa panen per *baglog* antara bahan bakar sekam dan kayu tidak berbeda jauh sehingga bahan sekam

dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kayu. Berdasarkan analisis statistik menggunakan metode rancangan acak lengkap dapat disimpulkan perlakuan lamanya proses sterilisasi tidak berpengaruh nyata terhadap efisiensi, karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ sedangkan perlakuan lamanya proses sterilisasi berpengaruh nyata terhadap massa panen per *baglog*, karena $F_{hitung} > F_{tabel}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Kompetitif Penelitian Strategis Nasional Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia: Bahan Bakar dan Pembakaran. www.energyefficiencyasia.org.
- Belonio. 1985. Rice Husk gas store handbook. Appropriate Technology Centre. Department of Agricultural Engineering and Environmental Management. Collage of Agricultura Central Philippine. University Iloilo City. Philippine.
- Djarwanto, Sihati S. 2010. Pengaruh Sumber Bibit Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan: Bogor.
- Husin AD, Irzaman, Juansah J, Effendy S. 2010. Pengembangan Teknologi Hemat Energi Pedesaan Melalui Tungku Sekam Padi sebagai Energi Alternatif Terbarukan untuk Budidaya Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*). Laporan Akhir Hibah Kompetitif Penelitian Strategis Nasional.
- Irzaman, Darmasetiawan H, Alatas H, Irmansyah, Husin AD, Indro MN, Arif C. 2008. Optimization of Energy Efficiency of Cooking Stove with Rice Husk Fuel. Japan-Indonesia Symposium and Expo, Jakarta.
- Martawijaya EI, Mochamad YN. 2010. Bisnis Jamur Tiram di Rumah Sendiri. Bogor (ID): IPB Press.