



EVALUASI KUALITAS NUTRIEN HASIL BIOFERMENTASI PELEPAH SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DENGAN *Phanerochaete chrysosporium* PADA DOSIS INOKULAN DAN LAMA FERMENTASI YANG BERBEDA

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

V SULANTRI



Bogor Agricultural University

**DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN TEKNOLOGI PAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Evaluasi Kualitas Nutrien Hasil Biofermentasi Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) dengan *Phanerochaete chrysosporium* pada Dosis Inokulan dan Lama Fermentasi yang Berbeda adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2013

V Sulantri
NIM D24090158

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



ABSTRAK

V SULANTRI. Evaluasi Kualitas Nutrien Hasil Biofermentasi Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) dengan *Phanerochaete chrysosporium* pada Dosis Inokulan dan Lama Fermentasi yang Berbeda. Dibimbing oleh ERIKA BUDIARTI LACONI dan AFNUR IMSYA.

Pelepah sawit sebagai bahan pakan alternatif memiliki kandungan serat tinggi dengan kadar nutrien rendah. Biofermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* dapat meningkatkan kandungan nutrien pelepah sawit (PS). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi interaksi lama fermentasi dan dosis inokulan terhadap perubahan kualitas nutrien pelepah sawit, pH dan aktivitas air (a_w) selama proses biofermentasi PS. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial (3x3) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah dosis inokulan : 10^5 CFU ml⁻¹, 10^6 CFU ml⁻¹, dan 10^7 CFU ml⁻¹, faktor kedua adalah lama fermentasi : 10 hari, 15 hari, dan 20 hari. Tidak terdapat interaksi antara dosis inokulan dan lama fermentasi pada hasil biofermentasi PS untuk parameter pH, a_w , dan seluruh kandungan nutrien ($P < 0.05$). Dosis 10^6 CFU ml⁻¹ per 15 gram sampel pelepah kelapa sawit (*as fed*) dan 15 hari fermentasi optimum meningkatkan kadar Protein kasar dan BETN, serta menurunkan serat kasar, dengan nilai pH 4.96 dan a_w 0.893.

Kata Kunci: dosis inokulan, lama fermentasi, pelepah sawit, *Phanerochaete chrysosporium*.

ABSTRACT

V SULANTRI. The Evaluation of Nutrients Quality of Oil Palm Frond (*Elaeis Guineensis Jacq.*) Biofermented With *Phanerochaete chrysosporium* in Different Inoculant Dose and Length of Fermentation. Supervised by ERIKA BUDIARTI LACONI and AFNUR IMSYA.

Oil palm frond (OPF) as an alternative animal feed has high fiber content with low nutrient contents. Biofermentation with *Phanerochaete chrysosporium* is one of the way to increase the nutrient quality of OPF. This research aimed to evaluate the interaction of length of fermentation and inoculants dose to the changes of nutrients quality, pH, and water activity (a_w) during the biofermentation process on OPF. This research used factorial completely randomized design (3x3) with 3 replications. The first factor was inoculants dose: 10^5 CFU ml⁻¹, 10^6 CFU ml⁻¹, and 10^7 CFU ml⁻¹. The second factor was length of fermentations: 10 days, 15 days, and 20 days. There was no interaction between inoculant dose and length of fermentation for pH, water activity, and nutrient contents ($P < 0.05$). Dose of 10^6 CFU ml⁻¹ per 15 g samples of OPF (*as fed*) and 15 days fermentation was optimum in increasing crude protein and BETN, and decreased crude fiber with 4.96 of pH value and 0.893 of water activity.

Keywords: fermentation, inoculant dose, length of fermentation, oil palm frond, *Phanerochaete chrysosporium*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memungut dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**EVALUASI KUALITAS NUTRIEN HASIL BIOFERMENTASI
PELEPAH SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DENGAN
Phanerochaete chrysosporium PADA DOSIS INOKULAN DAN
LAMA FERMENTASI YANG BERBEDA**

V SULANTRI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Peternakan
pada
Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan

**DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN TEKNOLOGI PAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi: Evaluasi Kualitas Nutrien Hasil Biofermentasi Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan *Phanerochaete chrysosporium* pada Dosis Inokulan dan Lama Fermentasi yang Berbeda

Nama : V Sulantri
NIM : D24090158

Disetujui oleh

Prof Dr Ir Erika B Laconi, MS
Pembimbing I

Afnur Imsya, SPt, MP
Pembimbing II

Diketahui oleh

Dr Ir Idat Galih Permana, MSc Agr
Ketua Departemen

tanggal Lulus: ()

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Allah Maha Kuasa yang bertahta di Surga atas segala berkat dan limpahan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Evaluasi Kualitas Nutrien Hasil Biofermentasi Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan *Phanerochaete chrysosporium* pada Dosis Inokulan dan Lama Fermentasi yang Berbeda”.

Kapang *P.chrysosporium* memiliki kemampuan untuk mendegradasi ikatan lignoselulosa. Biofermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* dapat menurunkan kadar lignin sehingga nutrisi lebih banyak tersedia dalam pakan pelepah sawit. Informasi mengenai dosis inokulan dan lama fermentasi optimum pada berbagai jenis serat masih belum tersedia. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian dan pengamatan sistematis untuk mengetahui kondisi dan kinerja optimal kapang terutama dalam meningkatkan kualitas nutrisi pelepah sawit sebagai pakan alternatif.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Peternakan di Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juli 2013

V. Sulantri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
PENDAHULUAN	1
METODOLOGI PENELITIAN	2
Ⓒ Bahan	2
Alat	2
Lokasi dan Waktu Penelitian	3
Prosedur Percobaan	3
Persiapan Media Pelepah Sawit	3
Pembuatan Media Potato Dextrose Broth (PDB)	3
Proses Pengenceran	3
Proses Inkubasi Kapang	3
Proses Fermentasi	4
Peubah yang diamati	4
Perubahan Nilai Derajat Keasaman (pH)	4
Perubahan Aktivitas Air (a_w)	4
Perubahan Kandungan Nutrien	5
Analisis Data	5
HASIL DAN PEMBAHASAN	5
Derajat Keasaman (pH)	5
Aktivitas Air (a_w)	7
Kandungan Nutrien Pelepah Sawit Hasil Biofermentasi	7
SIMPULAN DAN SARAN	11
Simpulan	11
Saran	11
DAFTAR PUSTAKA	11
LAMPIRAN	14
RIWAYAT HIDUP	20
CAPAN TERIMA KASIH	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

1	Nilai pH dan a_w pelepah sawit sebelum biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i>	6
2	Nilai pH pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i>	6
3	Nilai a_w pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i>	6
4	Kandungan nutrisi pelepah sawit sebelum biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i>	8
5	Kandungan bahan kering pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i> (<i>as fed</i>)	8
6	Kandungan abu pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i> (100% Bahan Kering)	8
7	Kandungan protein kasar pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i> (100% Bahan Kering)	9
8	Kandungan serat kasar pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i> (100% Bahan Kering)	9
9	Kandungan bahan ekstrak tanpa nitrogen pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i> (100% Bahan Kering)	10
10	Kandungan lemak kasar pelepah sawit setelah biofermentasi dengan <i>P.chrysosporium</i> (100% Bahan Kering)	10

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis ragam kandungan bahan kering (BK)	14
2	Hasil analisis ragam kandungan abu	14
3	Hasil analisis ragam kandungan protein kasar (PK)	15
4	Hasil analisis ragam kandungan lemak kasar (LK)	16
5	Hasil analisis ragam kandungan serat kasar (SK)	16
6	Hasil analisis ragam kandungan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN)	17
7	Hasil analisis ragam nilai aktivitas air (a_w)	18
8	Hasil analisis ragam nilai derajat keasaman (pH)	18

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PENDAHULUAN

Fluktuasi produksi hijauan menjadi permasalahan utama dalam pengembangan produksi ternak ruminansia di Indonesia. Usaha mencari bahan pakan alternatif dan penemuan teknologi tepat guna dalam pengolahan bahan pakan masih terus dilakukan, guna membantu pemecahan penyediaan pakan. Pola penyediaan pakan ternak mulai mengalami pergeseran pada upaya pemanfaatan bahan pakan lokal nonkonvensional berbasis limbah.

Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia beberapa tahun terakhir ini sangat pesat, dan diperkirakan akan terus berkembang tiap tahunnya. Pada tahun 2005, luas area perkebunan kelapa sawit mencapai 5 453 817 ha dan terus meningkat hingga mencapai 8 385 394 pada tahun 2010 (Ditjenbun 2010). Pelepah sawit merupakan salah satu limbah perkebunan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pakan. Pohon kelapa sawit dapat menghasilkan 22 buah pelepah sawit dan jika tidak dilakukan pemangkasan dapat melebihi 60 pelepah (Pahan 2007). Satu pelepah setelah dikupas untuk pakan ternak beratnya mencapai 7 kg. Pada luas perkebunan kelapa sawit 487 146 ha dan rata-rata memiliki 22 pelepah tiap pohonnya, berarti terdapat $(7 \text{ kg} \times 138 \times 22 \times 487 146) = 10 352 826 792 \text{ kg}$ pelepah per tahun (Sisriyenni dan Soetopo 2004). Angka ini menunjukkan tingkat potensi yang besar dari pelepah sawit sebagai pakan ternak ruminansia. Hasil penelitian terdahulu melaporkan bahwa pelepah kelapa sawit dapat menggantikan hijauan maksimum 43% dari kemampuan konsumsi bahan kering pada ternak sapi, namun penggunaannya dalam ransum komplit disarankan pada kisaran 30% – 35% dari total ransum yang dikonsumsi (Wan Zahari *et al.* 2003).

Komposisi kimia pelepah sawit yaitu bahan kering (BK) 48.78 %, abu 3.12 %, protein kasar (PK) 5.33 %, lemak kasar (LK) 1.60 %, serat kasar (SK) 34.67 %, NDF 78.05 %, ADF 56.93 %, Hemiselulosa 21.12%, lignin 16.94 % dan Selulosa 27.94% (Imsya dan Palupi 2009 ; Liliana *et al.* 2009).

Keberadaan serat dan lignin yang tinggi bertindak sebagai penghalang proses perombakan polisakarida dinding sel oleh mikroba rumen sehingga dapat menurunkan pencernaan. Lignin mengikat hemiselulosa dan selulosa membentuk matriks dan membuat polisakarida dan nutrien tidak tersedia untuk ruminansia (Sharma dan Arora 2010).

Perombakan ikatan lignoselulosa pelepah sawit perlu dilakukan agar ketersediaan nutrien meningkat. Teknologi fermentasi secara biologis atau biofermentasi limbah pertanian sebagai pakan dengan memanfaatkan bantuan mikroorganisme seperti kelompok *White-rot fungi* lebih baik dilakukan dibandingkan fermentasi kimia dan perlakuan fisik, karena lebih ramah lingkungan dan lebih terkontrol (Vadiveloo *et al.* 2009). Kapang pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium* dari divisi *basidiomycetes* paling efektif untuk proses biofermentasi karena memiliki kemampuan mendegradasi lignin secara ekstensif dengan mensekresikan enzim lignolitik non-spesifik seperti lignin peroxidase (LiP), mangan peroxidase (MnP), dan laccase (Hofrichter *et al.* 2010). Penetrasi hifa kapang akan menghancurkan lignin dan membentuk rongga berwarna keputihan (Rahman *et al.* 2011).

Sembiring (2006) melaporkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan *P. chrysosporium* dengan waktu inkubasi 4 hari dapat meningkatkan kandungan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



protein dari 15.14% menjadi 25.08%, menurunkan lemak kasar dari 1.25% menjadi 1.01% dan menurunkan kandungan serat kasar dari 17.18% menjadi 13.64%. Berdasarkan hasil penelitian Suparjo (2010), fermentasi kulit buah kakao dengan *P. chrysosporium* selama 5 hari dapat menurunkan kandungan lemak kasar dari 3.43% menjadi 2.77%, selama 15 hari dapat meningkatkan kandungan protein kasar dari 8.57% menjadi 11.52%, dan selama 25 hari menurunkan kandungan serat kasar dari 44.21% menjadi 25.46%, serta meningkatkan kandungan bahan ekstrak tanpa nitrogen dari 37.76% menjadi 52.91%. Penelitian lain menyebutkan bahwa fermentasi bungkil inti sawit dengan kapang *Trichoderma reesei* dari kelompok *white rot fungi* dengan dosis inokulan 10^4 cfu/cc sampai 10^6 cfu/cc dapat meningkatkan kandungan protein kasar dari 16.5% menjadi 23.38% sampai 24.37% (Jaelani 2007). Selain itu, penggunaan *P. chrysosporium* dalam fermentasi batang kapuk dengan dosis 10^6 spora/ml dapat menurunkan kadar lignin hingga 20.7%, meningkatkan kadar karbohidrat tersedia hingga 29.0% dan menghasilkan kandungan abu sampai 6% (Shi *et al.* 2009)

Informasi kombinasi perlakuan dosis inokulan dan lama fermentasi optimum pada pengolahan bahan pakan pelepah sawit secara biologis dengan *white rot fungi* khususnya *P. chrysosporium* masih belum tersedia. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian dan pengamatan sistematis untuk mengetahui kondisi dan kinerja optimal kapang terutama dalam meningkatkan kualitas nutrisi pelepah sawit sebagai pakan alternatif. Penelitian ini dilakukan sebagai studi dasar untuk menguji perubahan komposisi nutrisi, aktivitas kadar air bahan, dan derajat keasaman terhadap dosis inokulan dan lama fermentasi yang berbeda selama proses fermentasi sehingga dapat diketahui kondisi optimum kerja *P. chrysosporium*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji interaksi lama fermentasi dan dosis inokulan terhadap perubahan kualitas nutrisi pelepah sawit selama proses biofermentasi menggunakan kapang *P. chrysosporium*.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai sumber informasi mengenai penggunaan teknologi tepat guna dalam peningkatan kualitas nutrisi bahan pakan dengan menerapkan biofermentasi *P. chrysosporium* pada pelepah sawit untuk menyediakan pakan alternatif berbasis limbah.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah sawit yang diperoleh dari kebun kelapa sawit Cikabayan IPB. Mikroorganisme yang digunakan adalah *Phanerochaete chrysosporium* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA ITB Bandung. Inokulan tersebut ditumbuhkan pada media Potato Dextrose Agar (PDA) pada suhu 30°C selama 4 hari. Bahan lain yang digunakan adalah kentang, aquades, dan *dextrose* yang digunakan untuk membuat substrat.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin giling, *autoclave*, timbangan, oven, *shaker rotator*, *hotplate stirrer*, gelas piala, tabung reaksi, tabung

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

hungate, labu erlenmeyer, kapas, aluminium foil, pembakar spiritus, rak fermentasi, *vortex*, *counting chamber*, a_w meter merk Novasina MS-1, dan pH meter merk Hanna HI 8520.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan untuk menganalisis kandungan nutrisi dengan metode proksimat; Laboratorium Terpadu untuk mengukur nilai pH; Laboratorium Biokimia, Fisiologi, dan Mikrobiologi Nutrisi untuk melaksanakan proses biofermentasi; dan Laboratorium Teknologi Hasil Ternak untuk mengukur nilai a_w . Penelitian dimulai bulan Oktober 2012 sampai Januari 2013.

Prosedur Percobaan

Persiapan Media Pelepeh Sawit

Pelepeh sawit diambil dari pohon yang telah mengalami minimal satu kali pemangkasan. Pelepeh sawit diambil kemudian dikupas kulitnya dan dipotong dengan panjang 2 cm. Selanjutnya pelepeh sawit tersebut dijemur hingga kering kemudian digiling kasar pada skala 5 mesh dan digunakan sebagai media fermentasi.

Pembuatan Media Potato Dextrose Broth (PDB)

Kentang 200 g dipotong dadu kemudian ditambahkan ke dalam 1 liter aquades dan dipanaskan dengan *hotplate stirer* selama 1 jam. Setelah itu disaring dan ditambah aquades lagi hingga mencapai 1 liter. Selanjutnya ditambahkan 2g dextrose dan diaduk hingga rata.

Proses Pengenceran

Kultur murni kapang *P. chrysosporium* diremajakan ke dalam media Potato Dextrose Agar (PDA) selama 4 hari pada suhu 30 °C. Kapang *P. chrysosporium* yang berasal dari biakan murni PDA diencerkan dengan menggunakan aquades steril sebanyak 10 ml dan dikocok dengan *vortex* hingga homogen. Kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam 9 ml NaCl fisiologis sehingga diperoleh pengenceran 10^8 CFU ml⁻¹. Setelah itu, diambil sebanyak 1 ml dari pengenceran 10^8 CFU ml⁻¹ dan dimasukkan ke dalam 9 ml NaCl fisiologis, sehingga diperoleh pengenceran 10^7 CFU ml⁻¹. Seterusnya dilakukan perlakuan yang sama hingga diperoleh pengenceran 10^6 CFU ml⁻¹. Selanjutnya kultur diencerkan ke dalam aquades steril 100 ml sehingga diperoleh konsentrasi 10^4 CFU ml⁻¹. Hasil pengenceran kemudian diambil sebanyak masing-masing 7.5 ml, 10 ml, dan 12.5 ml dan dimasukkan ke dalam tabung hungate.

Proses Inkubasi Kapang

Media PDB yang telah dibuat kemudian diambil menggunakan pipet masing-masing sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam 27 buah labu erlenmeyer. Labu erlenmeyer ditutup dengan kapas dan aluminium foil kemudian disterilisasi dalam *autoclave* pada suhu 121 °C, tekanan 15 psi, selama 15 menit

kemudian media didinginkan. Hasil pengenceran masing-masing 7.5 ml, 10 ml, dan 12.5 ml kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* dan diinokulasi ke dalam media PDB yang telah didinginkan. Selanjutnya media PDB berisi kapang diinkubasi menggunakan *shaker rotator* dengan kecepatan 100 rpm selama 3 hari. Setelah proses inkubasi, miselia (gumpalan spora) berbentuk bolus dipisahkan menggunakan *vortex* untuk mendapatkan suspensi yang homogen. Kemudian dilakukan penghitungan jumlah spora kapang *P. chrysosporium* menggunakan *counting chamber*. Berdasarkan hasil penghitungan, dosis 7.5 ml memiliki jumlah spora 10^5 CFU ml⁻¹, 10 ml memiliki jumlah spora 10^6 CFU ml⁻¹, dan 12.5 ml memiliki jumlah spora 10^7 CFU ml⁻¹. Jumlah spora 10^5 CFU ml⁻¹, 10^6 CFU ml⁻¹, dan 10^7 CFU ml⁻¹ digunakan sebagai perlakuan dosis inokulan dalam fermentasi pelepah sawit.

Rumus jumlah spora kapang *P. chrysosporium* :

$$\text{Jumlah Spora} = \frac{1}{0.1 \times 0.0625 \times 16 \times 5} \times 1000 \times C \times Fp$$

Keterangan :	C	= jumlah spora yang dihitung
	Fp	= faktor pengenceran
	1	= jumlah sampel yang diambil (ml)
	0.1	= ketebalan <i>counting chamber</i> (mm)
	0.0625	= luas kotak terkecil (mm)
	5	= jumlah kotak yang diamati
	16	= jumlah kotak kecil dalam kotak yang diamati

Proses Fermentasi

Pelepah sawit yang telah digiling kemudian ditimbang masing-masing sebanyak 15 g dimasukkan ke dalam 27 buah erlenmeyer. Selanjutnya disterilisasi dalam autoclave pada suhu 121 °C, tekanan 15 psi selama 15 menit dan selanjutnya didinginkan. Media PDB yang telah diinkubasi selama 3 hari kemudian ditanam ke dalam pelepah yang telah disterilisasi. Setelah itu, proses fermentasi pelepah kelapa sawit dilakukan selama 10 hari, 15 hari, dan 20 hari.

Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perubahan Nilai Derajat Keasaman (pH)

Perubahan pH diukur sebelum fermentasi dan akhir masa fermentasi yaitu 10, 15 dan 20 hari dengan menggunakan pH meter. Pelepah kelapa sawit dikeluarkan dari erlenmeyer dan diaduk rata. Setelah itu, pelepah sawit hasil fermentasi ditimbang 1 g dan ditambah aquades 10 ml dan didiamkan selama 1 jam. Setelah 1 jam, dilakukan penyaringan untuk memisahkan antara pelepah sawit dengan air rendamannya. Air rendaman tersebut diukur dengan menggunakan pH meter untuk diketahui nilai pH dari fermentasi tersebut.

2. Perubahan Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air diukur pada awal fermentasi dan akhir masa fermentasi yaitu 10, 15, dan 20 hari dengan menggunakan a_w meter Tipe Novasiana Ms 1. Pelepah sawit dikeluarkan dari erlenmeyer, kemudian dimasukkan ke dalam wadah

pengukuran hingga penuh mencapai batas garis teratas. Setiap data diukur sebanyak dua kali pengukuran dan diambil nilai rata-rata.

3. Perubahan Kandungan Nutrien

Pelepah kelapa sawit yang akan dianalisis dikeringkan dahulu selama 1 hari pada suhu 60 °C. Perubahan kandungan nutrien sebelum dan sesudah fermentasi dilakukan dengan analisis proksimat (AOAC 1998). Kandungan nutrien yang diamati adalah kadar air, kadar abu, protein kasar (PK), lemak kasar (LK), serak kasar (SK), dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN).

Analisis Data

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial (3x3) dengan kedua faktor sebagai perlakuan. Faktor A adalah dosis inokulan kapang *P. chrysosporium* yaitu 10⁵ CFU ml⁻¹, 10⁶ CFU ml⁻¹, dan 10⁷ CFU ml⁻¹ sedangkan faktor B adalah waktu fermentasi kapang *P. chrysosporium* yaitu 10 hari, 15 hari, dan 20 hari. Data dianalisis menggunakan program SAS 9.13 untuk analisa sidik ragam (ANOVA) dan bila berbeda nyata diuji lanjut dengan menggunakan uji jarak berganda Duncan (Steel dan Torrie 1991).

Model matematik dari rancangan yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

Y_{ijk} = Nilai pengamatan

μ = Nilai tengah populasi

α_i = Pengaruh pelepah kelapa sawit ke-i dari faktor A

β_j = Pengaruh pelepah kelapa sawit ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

ϵ_{ijk} = Komponen galat oleh faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan analisis statistik, tidak terdapat interaksi antara lama fermentasi dan dosis inokulan terhadap derajat keasaman. Lama fermentasi secara signifikan ($P < 0.05$) menurunkan nilai pH. Nilai pH mengalami penurunan sekitar 2.06% – 20.77% dari pH awal yaitu 5.97 (Table 1). Hal ini disebabkan oleh aktivitas kapang *Phanerochaete chrysosporium* dalam mendegradasi lignoselulosa menghasilkan senyawa yang lebih mudah larut dan sejumlah asam organik seperti asam asetat, asam laktat, dan CO₂ (Wang *et al.* 1979). Asam organik yang dihasilkan mempengaruhi keasaman substrat. Peningkatan produk fermentasi dapat menurunkan pH substrat dan meningkatkan keasaman (Sanchez 2009). Nilai pH mempunyai hubungan negatif dengan tingkat keasaman dan kandungan bahan terlarut dalam air. Semakin lama fermentasi, nilai pH semakin meningkat dan tingkat keasaman menurun tetapi masih di bawah nilai pH awal. Bahan terlarut merupakan produk yang dihasilkan selama proses fermentasi yang

dapat dimanfaatkan oleh mikroba atau ternak (Rodriguez-Vazques *et al.* 1999). Saat dimanfaatkan oleh mikroba, maka bahan terlarutnya semakin berkurang, keasaman turun dan pH naik.

Pengamatan terhadap pH penting dilakukan karena perubahan pH berpengaruh terhadap kualitas fermentasi. Bagi mikroba, pH bahan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Nilai pH akan berpengaruh pada dua aspek pertumbuhan mikroba, yaitu mempengaruhi fungsi enzim dan proses transport nutrisi dari luar ke dalam sel (Rahayu dan Nurwitri 2012).

Tabel 1 Nilai pH dan a_w pelepah sawit sebelum biofermentasi dengan *P.chrysosporium*

Parameter	Nilai
Derajat keasaman (pH)	5.97 ^a
Aktivitas air (a_w)	0.874 ^b

^aHasil analisis Laboratorium Terpadu Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor (2013); ^bHasil analisis Laboratorium Teknologi Hasil Ternak Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor (2013)

Tabel 2 Nilai pH pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chrysosporium*

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
10 ⁵	4.88 ± 0.36	5.02 ± 0.47	5.37 ± 0.39	5.09±0.41
10 ⁶	4.54 ± 0.49	4.96 ± 0.01	5.14 ± 0.08	4.88±0.19
10 ⁷	4.76 ± 0.15	4.56 ± 0.12	5.25 ± 0.02	4.86±0.10
Rata-rata	4.73 ± 0.33a	4.85±0.20a	5.25±0.16b	

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Tabel 3 Nilai a_w pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chrysosporium*

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
10 ⁵	0.882±0.006	0.898±0.005	0.857±0.004	0.879±0.005
10 ⁶	0.877±0.010	0.893±0.006	0.858±0.013	0.876±0.010
10 ⁷	0.875±0.007	0.895±0.007	0.866±0.008	0.879±0.007
Rata-rata	0.878±0.008b	0.895±0.006b	0.861±0.008c	

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Aktivitas Air (a_w)

Berdasarkan analisis statistik rata-rata nilai a_w meningkat dari nilai a_w awal sebelum fermentasi 0.873 (Table 1) menjadi 0.878 pada fermentasi 10 hari, dan nilai tertinggi sebesar 0.895 pada fermentasi 15 hari (Tabel 3). Pada fermentasi 20 hari rata-rata nilai a_w turun menjadi 0.861. Menurut Manpreet *et al.* (2005), penurunan a_w disebabkan oleh penurunan bahan terlarut. Selain itu, karena biofermentasi dilakukan secara aerob, kemungkinan terjadi evaporasi sehingga kandungan air berkurang dan nilai a_w turun. Tidak terdapat interaksi antara faktor dosis inokulan dan lama fermentasi terhadap nilai a_w . Lama fermentasi berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap peningkatan nilai a_w .

Aktivitas air adalah jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya (Rahayu dan Nurwitri 2012). Nilai a_w menunjukkan stabilitas karena pengaruhnya terhadap pertumbuhan mikrobiologi, tingkat reaksi kimia dan biokimia, serta kandungan fisik (Vulkov 2006). Batas aktivitas air minimum untuk pertumbuhan dan perkecambahan spora seperti kapang yaitu 0.800 (Tambunan *et al.* 2001; Syarief *et al.* 2003). Berdasarkan hasil pengukuran, nilai a_w memenuhi batas a_w minimum untuk pertumbuhan kapang *P. chrysosporium*.

Kandungan Nutrien Pelepah Sawit Hasil Biofermentasi

Rataan kandungan bahan kering (BK) pelepah sawit yang belum biofermentasi adalah 21.68% (Tabel 4), dan mengalami perubahan yang fluktuatif selama biofermentasi (Tabel 5). Analisis statistik menunjukkan bahwa faktor dosis inokulan dan lama fermentasi masing-masing memberikan pengaruh signifikan ($P < 0.05$) tanpa interaksi terhadap fluktuasi kandungan bahan kering. Terjadi peningkatan kandungan BK pada 10 hari fermentasi dengan rata-rata 13.93% dari 21.68% menjadi 25.19%. Namun, pada fermentasi 15 hari, kandungan bahan kering menurun dengan persentase penurunan tertinggi pada dosis 10^7 CFU ml⁻¹ yaitu sebanyak 10.98%, kemudian meningkat lagi sebanyak 5.28% pada fermentasi 20 hari.

Fluktuasi kandungan bahan kering dapat terjadi karena perubahan jumlah biomassa kapang dalam substrat, proses dekomposisi substrat, dan perubahan kadar air selama biofermentasi. Perombakan kandungan lignoselulosa pelepah sawit akan meningkatkan ketersediaan nutrisi yang mendukung perkembangan miselia kapang. Perbanyak jumlah miselia kapang sebagai indikator pertumbuhan selama proses dapat meningkatkan kandungan bahan kering dan sebaliknya dekomposisi komponen tumbuh kapang menyebabkan penurunan kandungan bahan kering (Suparjo *et al.* 2009). Selain itu, penurunan kandungan BK diduga akibat perombakan komponen pelepah sawit oleh kapang yang menghasilkan metabolit berupa komponen air pada saat hidrolisis substrat. Siklus ketersediaan nutrisi akan terus berlangsung selama proses biofermentasi, sehingga kandungan bahan kering juga mengalami fluktuasi seiring dengan proses perombakan dan pemanfaatan nutrisi oleh kapang (Suparjo *et al.* 2009).

Berdasarkan analisis statistik, faktor lama fermentasi secara nyata dapat meningkatkan kadar abu. Peningkatan tertinggi terdapat pada fermentasi hari ke-15 sebesar 4.34 % (Tabel 6) dari kadar abu awal sebelum fermentasi yaitu 3.09% (Tabel 4). Tidak terdapat interaksi antara perlakuan dosis inokulan dan lama

fermentasi terhadap kadar abu pelepah sawit fermentasi. Perubahan kandungan abu substrat selama proses fermentasi disebabkan oleh perubahan bahan organik yang terjadi selama proses biofermentasi (Haddadin *et al.* 2009).

Tabel 4 Kandungan nutrisi pelepah sawit sebelum biofermentasi dengan *P.chrysosporium*

Komponen Nutrien	Kandungan (%) [*]
BK ^a	21.68
Abu ^b	4.09
PK ^b	5.28
LK ^b	0.61
SK ^b	39.85
BETN ^b	38.31

^{*}Hasil analisis Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor (2012); ^aBerdasarkan *as fed*; ^bBerdasarkan 100% bahan kering

Tabel 5 Kandungan bahan kering pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chrysosporium (as fed)*

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
	% -----			
10 ⁵	25.27±2.56	22.51±1.03	24.06±0.79	23.94±1.46a
10 ⁶	25.87±0.12	19.67±2.34	23.28±0.35	22.94±0.94ab
10 ⁷	24.44±0.29	19.30±0.44	21.33±0.33	21.69±0.35b
Rata-rata	25.19±0.99a	20.49±1.27c	22.89±0.49b	

Angka-angka pada baris dan kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Tabel 6 Kandungan abu pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chrysosporium* (100% bahan kering)

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
	% -----			
10 ⁵	2.91± 0.59	4.53±0.35	3.62±0.26	3.68±0.40
10 ⁶	4.02±0.69	4.36±0.35	3.72±0.16	4.03±0.40
10 ⁷	4.05±0.25	4.14±0.69	3.84±0.12	4.01±0.35
Rata-rata	3.66±0.51b	4.34±0.46a	3.72±0.18b	

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Lama fermentasi memberikan pengaruh yang berbeda nyata (P<0.05) terhadap peningkatan kandungan protein kasar (Tabel 7), namun tidak terdapat

interaksi antara lama fermentasi dan dosis inokulan terhadap peningkatan kadar PK. Kandungan PK mengalami peningkatan dari 5.28% (Tabel 4) menjadi 12.39% pada 10 hari fermentasi, kemudian menjadi 14.70% pada fermentasi 15 hari. Peningkatan kandungan protein kasar disebabkan oleh penurunan bahan organik tanpa N (BOTN) seperti serat kasar selama proses biofermentasi. Selain itu, peningkatan kandungan PK kemungkinan disebabkan oleh peningkatan jumlah massa sel kapang dan kehilangan bahan kering pada fermentasi 15 hari. Sekresi enzim ekstraseluler oleh *P.chryso sporium* juga berperan dalam meningkatkan kandungan protein biomasa substrat fermentasi (Nelson dan Suparjo 2011).

Pada fermentasi 20 hari kadar PK mengalami penurunan menjadi 12.98%. Hal tersebut diduga karena kapang mulai menggunakan protein substrat fermentasi untuk pertumbuhannya, tetapi tidak diimbangi dengan sumbangan protein oleh kapang kepada bahan. Kapang dapat mensekresikan enzim protease ke lingkungan untuk menguraikan protein menjadi asam-asam amino, selanjutnya hasil penguraian diangkut ke dalam sel menggunakan sistem transport dan digunakan untuk pertumbuhan (Oetari 2006).

Tabel 7 Kandungan protein kasar pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chryso sporium* (100% bahan kering)

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
	----- % -----			
10 ⁵	13.13±1.69	14.90±1.66	11.69±1.56	13.24±1.63
10 ⁶	11.92±0.86	15.23±0.09	13.50±0.98	13.55±0.65
10 ⁷	12.13±1.06	13.98±1.61	13.75±1.11	13.29±1.26
Rata-rata	12.39±1.20b	14.70±1.12a	12.98±1.21b	

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Tabel 8 Kandungan serat kasar pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chryso sporium* (100% bahan kering)

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
	----- % -----			
10 ⁵	28.37±1.25	26.90±3.93	27.80±0.80	27.69±1.99ab
10 ⁶	26.51±0.51	26.66±1.55	25.51±3.49	26.23±1.85b
10 ⁷	28.54±0.63	30.27±2.06	29.21±2.14	29.34±1.61a
Rata-rata	27.81±0.80	27.94±2.51	27.51±2.14	

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hal of Agronomy (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University

Tabel 9 Kandungan bahan ekstrak tanpa nitrogen pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chrysosporium* (100% bahan kering)

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
	----- % -----			
10 ⁵	42.79±3.36	44.15±3.54	43.18±3.78	43.38±3.56a
10 ⁶	48.13±1.73	43.20±2.47	44.28±4.36	45.21±2.85a
10 ⁷	40.59±0.97	38.70±3.72	38.15±3.19	39.15±2.63b
Rata-rata	43.84±2.02	42.02±3.25	41.87±3.78	

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda duncan); * Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Tabel 10 Kandungan lemak kasar pelepah sawit setelah biofermentasi dengan *P.chrysosporium* (100% bahan kering)

* Dosis Inokulan (CFU ml ⁻¹)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	10	15	20	
	----- % -----			
10 ⁵	0.75±0.09	1.04±0.58	1.33±0.40	1.04±0.36
10 ⁶	0.92±0.51	0.81±0.63	1.76±0.35	1.16±0.50
10 ⁷	0.97±0.92	1.65±1.02	2.31±1.41	1.64±1.12
Rata-rata	0.88±0.51	1.17±0.74	1.80±0.72	

* Dosis inokulan adalah per 15 gram sampel pelepah sawit (*as fed*)

Analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi dosis inokulan dan lama fermentasi terhadap kandungan serat kasar (SK). Dosis inokulan secara nyata ($P < 0.05$) menurunkan kadar SK. Persentase penurunan kadar serat kasar berkisar 26% – 34% (Tabel 7). Kandungan SK menurun dari 39.85% (Tabel 4) tanpa fermentasi menjadi 27.69% pada dosis 10⁵ CFU ml⁻¹ dan menurun lagi menjadi 26.23% pada 10⁶ CFU ml⁻¹.

Pada dosis 10⁷ CFU ml⁻¹ kadar SK meningkat dengan rata-rata 29.34%. Hifa dikelilingi oleh dinding sel tegar yang terdiri dari polisakarida. Kandungan tertinggi dalam dinding sel pada banyak kapang adalah selulosa (Fardiaz 1989). Dosis inokulan yang lebih banyak diduga menyebabkan terbentuknya kumpulan miselium dengan dinding sel lebih tebal sehingga dapat menyebabkan peningkatan kadar SK.

Dosis inokulan meningkatkan kadar BETN pelepah sawit fermentasi secara signifikan ($P < 0.05$). Berdasarkan analisis statistik, tidak terjadi interaksi antara dosis inokulan dan lama fermentasi. Kadar BETN meningkat menjadi 43.38% pada dosis 10⁵ CFU ml⁻¹ kemudian menghasilkan peningkatan tertinggi pada dosis 10⁶ CFU ml⁻¹ yaitu rata-rata 45.21% (Tabel 8) dengan persentase peningkatan 15.25% dari kadar awal sebelum fermentasi yaitu rata-rata 38.31% (Tabel 4). Peningkatan kadar BETN ini diduga karena terjadi penurunan serat kasar yang merupakan bagian lain dari karbohidrat bahan. Kandungan BETN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Eggs for Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

bahan mencerminkan kandungan energi yang mudah digunakan, karena BETN terdiri dari pati dan gula serta sakarida lainnya. Hal ini sejalan dengan pernyataan Nelson dan Suparjo (2011) bahwa peningkatan kandungan BETN dapat terjadi karena perombakan karbohidrat struktural, terutama hemiselulosa menjadi bahan mudah larut. Bahan ekstrak tanpa nitrogen ditentukan melalui pengurangan bahan kering dengan seluruh komponen nutrisi substrat, sehingga perubahan nilai BETN sangat bergantung pada kandungan nutrisi lain.

Berdasarkan analisis statistik, tidak terdapat interaksi antara dosis inokulan dan lama fermentasi terhadap kadar lemak kasar (Tabel 9). Meskipun secara statistik masing-masing perlakuan juga tidak memberikan pengaruh nyata pada perubahan kandungan LK, secara biologis kandungan lemak kasar pelepah sawit fermentasi mengalami peningkatan dengan persentase 30.68% sampai 66.11% (Tabel 10) dari kadar LK awal yaitu 0.61% (Tabel 4). Semakin tinggi dosis dan semakin lama waktu fermentasi, kandungan LK akan semakin tinggi. Menurut Gutierrez *et al.* (2005), selama proses dekomposisi, komponen lemak mengalami degradasi tetapi ditemukan kembali senyawa lemak baru.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Biofermentasi pelepah kelapa sawit menggunakan *Phanerochaete chrysosporium* optimum meningkatkan kualitas kandungan nutrisi pada dosis 10^6 CFU ml⁻¹ per 15 gram pelepah sawit (*as fed*) dan 15 hari fermentasi. Hasil terbaik yang dihasilkan meliputi kadar abu 4.36%, kadar PK sebesar 15.23%, kadar SK 26.66%, kadar BETN 43.20%, nilai pH 4.96 dan a_w sebesar 0.893.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai interaksi dosis dan waktu fermentasi, dengan jumlah dosis yang lebih beragam dan waktu pengamatan yang lebih banyak sehingga dapat diketahui waktu degradasi paling optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 1998. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Ed ke-16. Gaithersburg (US): AOAC International.
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2010. *Buku Statistik Perkebunan Tahun 2009-2011* [Internet]. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Perkebunan. [diunduh 2012 Okt 28]. Tersedia pada: www.deptan.go.id/infoeksekutif/bun/eis.../Luas%20Areal_sawit.pdf
- Fardiaz S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Bogor (ID): PAU IPB.
- Gutierrez A, Delrio JC, Martinez-Inigo MJ, Martinez MJ, Martinez AT. 2005. Production of new unsaturated lipids during wood decay by ligninolytic basidiomycetes. *Appl Environ Microbiol*. 68:1344-1350.

- Haddadin MSY, Haddadin J, Arabiyat OI, Hattar B. 2009. Biological conversion of olive pomace into compost by using *Trichoderma harzianum* and *Phanerochaete chrysosporium*. *Bioresour Technol.* 100:4773–4782.
- Hofrichter M, Ullrich R, Pecyna MJ, Liers C, Lundell T. 2010. New and classic families of secreted fungal heme peroxidases. *Applied Microbiol Biotechnol.* 87:871-897.
- Howard RL, Abotsi E, Van Rensburg ELJ, Howard S. 2003. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *Afr J Biotechnol.* 2:602-619.
- Imsya A, Palupi R. 2009. The change of lignin, NDF (neutral detergent fiber) and ADF (acid detergent fiber) palm fronds with biodegumming process as fiber source feedstuff for ruminansia. *JITV* 14(4): 284-288.
- Jaelani A. 2007. Peningkatan kualitas bungkil inti sawit oleh kapang *Trichoderma reesei* sebagai pendegradasi polisakarida mannan dan pengaruhnya terhadap penampilan ayam pedaging [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Liliana Warsiki W, Arkeman E, Syaifudin Y, Akhmad. 2009. Desain rantai pasok dan peningkatan nilai tambah limbah petiole pelepah sawit untuk biopellet serta pemanfaatannya untuk industri dan rumah tangga. Bogor (ID): LPPM SBRC IPB.
- Manpreet S, Sawraj S, Sachin D, Pankaj S, Banerjee UC. 2005. Influence of Process Parameters on the Production of Metabolites in Solid-State Fermentation. *Malays J Microbiol.* 1(2):1-9.
- Moat AG. 1979. *Microbial Physiology*. New York (US): J Willey.
- Nelson Suparjo. 2011. Penentuan lama fermentasi kulit buah kakao dengan *Phanerochaete chrysosporium*: evaluasi kualitas nutrisi secara kimiawi. *Agrinak.* 1(1):1-10.
- Oetari A. 2006. *Mikrobiologi Dasar dan Terapan*. Jakarta(ID): Yayasan Obor Indonesia.
- Pahan I. 2007. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Rahayu WP, Nurwitri CC. 2012. *Mikrobiologi Pangan*. Bogor (ID): IPB Pr.
- Rahman MM, Lourenco M, Hassim HA, Baars JJP, Sonnenberg ASM, Cone JW, De Boever J, Fievez V. 2011. Improving ruminal degradability of oil palm fronds using white rot fungi. *J Anim Feed Sci Tech.* 169 (2011): 157– 166.
- Rodriguez-Vazquez R, Cruz-Cordova T, Fernandez-Sancieiez JM, Roldan-Carrillo T, Mendoza-Cantu A, Saucedo-Castaneda G, Tomasini-Campocosi A. 1999. Use of sugarcane bagasse pith as solid substrate for *P. chrysosporium* growth. *Folia Microbiol.* 44:213-218.
- Sanchez C. 2009. Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnol Advan.* 27:185-194.
- Sembiring P. 2006. Biokonversi limbah pabrik minyak inti sawit dengan *Phanerochaetae chrysosporium* dan implikasinya terhadap performans ayam broiler [disertasi]. Bandung(ID): Universitas Padjadjaran.
- Sharma RK, Arora DS. 2010. Changes in biochemical constituents of paddy straw during degradation by white rot fungi and its impact on in vitro digestibility. *J Appl Microbiol.* 109:679–686.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Shi J, Sharma-Shivappa RR, Chinn MS. 2009. Microbial pretreatment of cotton stalks by submerged cultivation of *Phanerochaete chrysosporium*. *J Bioresource Technol.* 100;4388–4395.
- Sisriyenni D, Soetopo D. 2004. Potensi, Peluang Dan Tantangan Pengembangan Integrasi Sapi-Sawit Di Provinsi Riau. *Lokakarya Pengembangan Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi.* 1(1):95-100.
- Steel RGD, Torrie JH. 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika.* Jakarta (ID): Gramedia.
- Suparjo, Wiryawan KG, Laconi EB, Mangunwidjaja D. 2009. Perubahan Komposisi Kimia Kulit Buah Kakao Akibat Penambahan Mangan dan Kalsium dalam Biokonversi dengan Kapang *Phanerochaete chrysosporium*. *Med Pet.* 32(3):204-211.
- Suparjo. 2010. Peningkatan kualitas nutrisi kulit buah kakao sebagai pakan secara bioproses dengan *Phanerochaete chrysosporium* yang diperkaya ion Mn^{2+} dan Ca^{2+} [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Syarief R, Ega L, Nurwitri CC. 2003. *Mitoksin Bahan Pangan.* Bogor (ID): IPB Pr.
- Tambunan AH, Wulandari D, Hartulistiyoso E, Nelwan LO. 2001. *Pengeringan Industrial.* Bogor (ID): IPB Pr.
- Tomelo M, Vikman M, Hattaka A, Itavaara M. 2002. Biodegradation of lignin in compost environment: a review. *Biosresour Technol.* 71:169-183.
- Radaveloo J, Nurfariza B, Fadel JG. 2009. Nutritional improvement of rice husks. *J Anim Feed Sci Tech.* 151:299–305.
- Mulkov P. 2006. Water activity concept for safety food storage. *J Proceed 3rd Central European Congress on Food.* 2006:1-8.
- Wan-Zahari M, Hassan OB, Wong HK, Liang JB. 2003. Utilization of oil palm frond-based diets for beef cattle production in Malaysia. *Asian-Aust J Anim Sci.* 16(4): 625–634.
- Wang DIC, Connel CL, Demain AL, Dunhill P, Humpherey AF, Lily MD. 1979. *Fermentation and Enzyme Techology.* New York (US): J Wiley.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta dilindungi undang-undang
© Hak cipta milik IPB Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Hasil analisis ragam kandungan bahan kering (BK)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	Pr > F
Perlakuan	8	132.783	16.598	10.49	2.510
Dosis	2	22.891	11.445	7.23	3.555
Waktu	2	99.420	49.710	31.42	3.555
Dosis*Waktu	4	10.473	2.618	1.65	2.928
Galat	18	28.482	1.582		
Total Terkoreksi	26	161.265			

R² 0.823383 CV 5.502941 Akar MSE 1.257911 Rataan BK 22.85889

Variabel Uji Berganda Duncan: BK
Alpha=0.05 db= 18 MSE= 1.582341

Jumlah Perlakuan 2 3
Nilai Kritis 1.246 1.307

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	23.944	9	A1
AB	22.939	9	A2
B	21.693	9	A3

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	25.192	9	B1
B	22.892	9	B3
C	20.492	9	B2

db: derajat bebas, CV: coeff varian, MSE: mean square error

Lampiran 2 Hasil analisis ragam kandungan Abu

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	Pr > F
Perlakuan	8	5.382	0.673	3.54	2.510
Dosis	2	0.681	0.340	1.796	3.555
Waktu	2	2.545	1.273	6.713	3.555
Dosis*Waktu	4	2.156	0.539	2.844	2.928
Galat	18	3.412	0.190		
Total Terkoreksi	26	8.794			

R² 0.612006 C.V. 11.13925 Akar MSE 0.435380 Rataan Abu 3.908519

Variabel Uji Berganda Duncan: Abu
Alpha=0.05 db= 18 MSE= 0.189556

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Jumlah Perlakuan 2 3
 Nilai Kritis 0.4312 0.4524

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	4.033	9	A2
A	4.008	9	A3
A	3.690	9	A1

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	4.341	9	B2
B	3.724	9	B3
B	3.660	9	B1

Tampilan 3 Hasil analisis ragam kandungan protein kasar (PK)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	Pr > F
Perlakuan	8	38.605	4.826	2.961	2.510
Dosis	2	0.509	0.254	0.156	3.555
Waktu	2	25.986	12.993	7.974	3.555
Dosis*Waktu	4	12.110	3.027	1.858	2.928
Galat	18	29.331	1.629		
Total Terkoreksi	26	67.932			

R² C.V. Akar MSE Rataan PK
 0.568545 9.553116 1.276049 13.35741

Variabel Uji Berganda Duncan: PK
 Alpha=0.05 db= 18 MSE= 1.6283

Jumlah Perlakuan 2 3
 Nilai Kritis 1.264 1.326

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	13.550	9	A2
A	13.286	9	A3
A	13.237	9	A1

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	14.702	9	B2
B	12.980	9	B3
B	12.390	9	B1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Hasil analisis ragam kandungan lemak kasar (LK)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	Pr > F
Perlakuan	8	6.649	0.831	1.453	2.510
Dosis	2	1.838	0.919	1.607	3.555
Waktu	2	4.002	2.001	3.499	3.555
Dosis*Waktu	4	0.808	0.202	0.353	2.928
Galat	18	10.294	0.572		
Total Terkoreksi	26	0.124			

R² 0.389895 C.V. 2.673629 Akar MSE 0.064722 Rataan LK 1.282222

Variabel Uji Berganda Duncan: LK
Alpha=0.05 db= 18 MSE= 0.004189

Jumlah Perlakuan 2 3
Nilai Kritis 0.7490 0.7858

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	1.644	9	A3
A	1.162	9	A2
A	1.040	9	A1

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	1.801	9	B3
A	1.166	9	B2
A	0.880	9	B1

Lampiran 5 Hasil analisis ragam kandungan serat kasar (SK)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	Pr > F
Perlakuan	8	53.899	6.737	1.454	2.510
Dosis	2	43.671	21.836	4.712	3.555
Waktu	2	0.894	0.447	0.096	3.555
Dosis*Waktu	4	9.333	2.333	0.503	2.928
Galat	18	83.417	4.634		
Total Terkoreksi	26	137.316			

R² 0.392515 C.V. 7.756489 Akar MSE 2.152742 Rataan SK 27.75407

Variabel Uji Berganda Duncan: SK
Alpha=0.05 db= 18 MSE= 4.634296

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Jumlah Perlakuan 2 3
 Nilai Kritis 2.132 2.237

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	29.342	9	A3
A	27.691	9	A1
B	26.229	9	A2

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	27.944	9	B2
A	27.809	9	B1
A	27.509	9	B3

Lampiran 6 Hasil analisis ragam kandungan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	Pr > F
Perlakuan	8	226.695	28.337	2.798	2.510
Dosis	2	173.797	86.899	8.579	3.555
Waktu	2	21.502	10.751	1.061	3.555
Dosis*Waktu	4	31.396	7.849	0.775	2.928
Galat	18	182.316	10.129		
Total Terkoreksi	26	408.998			

R² C.V. Akar MSE Rataan BETN
 0.554285 7.474610 3.182384 42.57593

Variabel Uji Berganda Duncan: BETN
 Alpha=0.05 db= 18 MSE= 10.12757

Jumlah Perlakuan 2 3
 Nilai Kritis 3.152 3.307

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	45.206	9	A2
A	43.376	9	A1
B	39.147	9	A3

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	43.836	9	B1
A	42.021	9	B2
A	41.871	9	B3



Lampiran 7 Hasil analisis ragam nilai aktivitas air (a_w)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hit}	$Pr > F$
Perlakuan	8	0.0056511	0.000706	12.048	2.510
Dosis	2	0.0000590	0.000029	0.503	3.555
Waktu	2	0.0053734	0.002686	45.825	3.555
Dosis*Waktu	4	0.0002187	0.000055	0.933	2.928
Galat	18	0.0010553	0.000058		
Total	26	0.0067214			

R^2 0.843386 C.V. 0.870846 Akar MSE 0.007647 Rataan a_w 0.878148

Variabel Uji Berganda Duncan: a_w
 Alpha=0.05 db= 18 MSE= 0.000058

Jumlah Perlakuan 2 3
 Nilai Kritis 0.007574 0.007947

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	0.879	9	A1
A	0.879	9	A3
A	0.876	9	A2

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	0.895	9	B2
B	0.878	9	B1
C	0.861	9	B3

Lampiran 8 Hasil analisis ragam nilai derajat keasaman (pH)

Prosedur General Linier Methods					
Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hit}	$Pr > F$
Perlakuan	8	2.012	0.252	2.872	2.510
Dosis	2	0.306	0.153	1.749	3.555
Waktu	2	1.374	0.687	7.847	3.555
Dosis*Waktu	4	0.332	0.083	0.947	2.928
Galat	18	1.576	0.087		
Total	26	3.588			

R^2 0.560746 C.V. 5.985543 Akar MSE 0.295885 Rataan pH 4.943333

Variabel Uji Berganda Duncan: pH
 Alpha=0.05 db= 18 MSE= 0.087548

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Jumlah Perlakuan 2 3
 Nilai Kritis 0.2930 0.3075

Kelompok	Rataan	N	Dosis
A	5.093	9	A1
A	4.880	9	A2
A	4.857	9	A3

Kelompok	Rataan	N	Waktu
A	5.254	9	B1
B	4.849	9	B2
B	4.727	9	B3

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Serukam, Kalimantan Barat pada tanggal 24 Februari 1991. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Hendrik Luwit, S.Pd (Alm) dan Ibu Magdalena Surya. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDS Subsidi Sibale pada tahun 1996-2002. Pendidikan dilanjutkan di SMP Negeri 1 Samalantan hingga tahun 2005 dan pendidikan lanjutan menengah atas diselesaikan pada tahun 2008 di SMA Negeri 1 Samalantan, Kalimantan Barat.

Penulis diterima di IPB pada tahun 2008 melalui jalur Beasiswa Utusan Daerah (BUD). Menempuh program Prauniversitas selama tahun 2008-2009, kemudian memulai tahap Tingkat Persiapan Bersama (TPB) pada tahun 2009. Selama kuliah, penulis pernah menjadi Sekretaris POPK FAPET (Persekutuan Oikumene Protestan Katolik Fakultas Peternakan) periode 2011/2012. Penulis aktif dalam UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa) Futsal Putri IPB dan kegiatan olahraga KEMAKI (Keluarga Mahasiswa Katolik IPB). Penulis pernah mengikuti kegiatan Magang HIMASITER di Laboratorium Terpadu pada tahun 2011 dan di Laboratorium Biokimia, Fisiologi dan Mikrobiologi Nutrisi pada tahun 2012. Prestasi yang dicapai penulis yaitu penerima dana penelitian untuk program kreatifitas mahasiswa (PKM-P) pada tahun 2011, pencetak gol terbanyak (*Top Scorer*) dan pemain futsal putri terbaik IMAPA CUP I 2013. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Mikrobiologi Nutrisi pada tahun ajaran 2012/2013.



UCAPAN TERIMA KASIH

Ungkapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada ibunda tercinta Magdalena Surya, abang terkasih Thomas Surahman, kakak tersayang Helena Herni serta seluruh keluarga, atas segala doa, dukungan moril dan kasih sayang. Terima kasih penulis ucapkan kepada Prof Dr Ir Erika B Laconi, MS dan Afnur Imsya, S Pt, MP selaku pembimbing atas segala bimbingan, dukungan, sumbangan ide dan materi, serta Ir Anita Sardiana Tjakradidjaja, MRur Sc yang telah banyak memberi saran. Selain itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Shinta Citra Wardani selaku teman satu bimbingan penelitian atas semua dukungan, suka duka, bantuan, dan penghiburan selama penelitian dan seluruh pihak yang telah membantu selama pengumpulan data.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.