

Perubahan Komposisi Kimia Kulit Buah Kakao Akibat Penambahan Mangan dan Kalsium dalam Biokonversi dengan Kapang *Phanerochaete chrysosporium*

Chemical Composition Response of Cocoa Pod Incubated with *Phanerochaete chrysosporium* on Manganese and Calcium Supplementation

Suparjo^{a*}, K. G. Wiryawan^b, E. B. Laconi^b, & D. Mangunwidjaja^c

^aFakultas Peternakan, Universitas Jambi

Jln. Jambi-Muara Bulian Km 15, Mendalo Darat Jambi 36361

^bDepartemen Ilmu Nutrisi dan dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

^cFakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

(Diterima 25-03-2009; disetujui 05-09-2009)

ABSTRACT

Bioconversion is a method to increase quality of high lignocellulose-containing feedstuffs. Fermentation occurs during bioconversion is influenced primarily by length of fermentation and mineral supplementation to the medium. This study was aimed at determining the effect of these two factors on dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), and cellulose-to-lignin ratio of cocoa pod incubated with *Phanerochaete chrysosporium*. Twenty four treatments containing of 4 mineral supplementations (no mineral, Ca, Mn, and Ca+Mn) and 6 different lengths of fermentation (0, 5, 10, 15, 20, and 25 days) were designed randomly to 72 fermentation glass jars in a 4x6 factorial arrangement. Length of fermentation had significant effect on all parameters measured. Mineral significantly affected changes of DM and OM, NDF and ADF content, and cellulose-to-lignin ratio, but not DM and OM content. In conclusion, supplementation of Ca to cocoa pod incubated with *P. chrysosporium* for 15 days contributed positively ($P < 0.05$) to changes of OM (13.83%) and DM (11.30%). The cellulose-to-lignin ratio of 1.34 was the optimum result of Mn supplementation for 10 days incubation.

Key words: Phanerochaete chrysosporium, cocoa pod, fermentation, mineral supplementation, fiber

PENDAHULUAN

Pola penyediaan pakan ternak telah mengalami pergeseran pada upaya pemanfaatan bahan pakan lokal nonkonvensional yang berasal dari limbah pertanian, perkebunan, peternakan,

*Korespondensi:
Fakultas Peternakan Universitas Jambi
Jln. Jambi-Muara Bulian Km 15, Mendalo Darat Jambi 36361
e-mail: jatayu66@yahoo.com

perikanan, dan agroindustri. Kulit buah kakao (KBK) merupakan salah satu limbah perkebunan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pakan. Potensi kuantitatif KBK sebagai bahan baku pakan cukup menjanjikan karena lebih dari 75% dari buah kakao merupakan kulit buah dan dalam memproduksi satu ton biji kakao kering akan dihasilkan 10 ton KBK segar. Produksi biji kakao kering pada tahun 2008 mencapai 792.791 ton (Deptan, 2009).

KBK merupakan kulit bagian terluar yang menyelubungi biji kakao dengan tekstur kasar, tebal dan agak keras. Kulit buah kakao segar mengandung kadar air sekitar 85% (Tequia *et al.*, 2004) sehingga mudah menjadi busuk. Pemanfaatan KBK sebagai mulsa yang didebarkkan di sekitar tanaman dapat menjadi inang bagi pertumbuhan cendawan *Phytophthora palmivora* yang dapat mengganggu perkembangan tanaman kakao. Beberapa penelitian (Smith & Adegbola, 1982; Amirroenas, 1990; Laconi, 1998; Olubamiwa *et al.*, 2002; Tequia *et al.*, 2004) menunjukkan bahwa KBK dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak. KBK hanya mengandung 6,2% protein dan 45,9% serat kasar (Aregheore, 2002) sehingga lebih layak digunakan sebagai bahan pakan ternak ruminansia.

Kendala utama pemanfaatan KBK sebagai bahan pakan ternak adalah kandungan lignin yang cukup tinggi sekitar 27,95% (Amirroenas, 1990) sampai 38,78% (Laconi, 1998). Sebagai limbah tanaman tua, polisakarida KBK telah mengalami lignifikasi tingkat lanjut. Peningkatan efisiensi pemanfaatan KBK sebagai bahan pakan ternak memerlukan penguraian ikatan lignin dengan polisakarida. Ikatan lignoselulosa dapat diputus oleh ligninase (enzim pendegradasi lignin) seperti lignin peroksidase (LiP), mangan peroksidase (MnP) dan laccase (Takano *et al.*, 2004). Enzim LiP dan MnP dihasilkan oleh beberapa organisme termasuk diantaranya *Phanerochaete chrysosporium* (Zacchi *et al.*, 2000).

Fermentasi KBK dengan kapang *P. chrysosporium* mampu menurunkan kandungan lignin sebesar 7,12% (Laconi, 1998). Melihat kemampuan kapang *P. chrysosporium*

dalam menghasilkan enzim ligninolitik dan selulolitik, kemungkinan kapang ini mampu menurunkan kandungan lignin lebih besar dari hasil penelitian terdahulu jika perkembangan kapang dan aktivitas enzim ligninolitiknya ditingkatkan.

Pertumbuhan kapang *P. chrysosporium* dan aktivitas enzim ligninolitik salah satunya dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dalam substrat. Biodegradasi lignin merupakan suatu aktivitas dari metabolit sekunder yang juga dipengaruhi oleh mineral mikro. Penelitian terdahulu (Wuyep *et al.*, 2003) menunjukkan bahwa ion Mn^{2+} dan Ca^{2+} dapat memacu pertumbuhan dan perpanjangan miselia dua jenis kapang *Basidiomycetes*, *Lentinus squarrosulus* dan *Psathyrella atroumbonata*. Penambahan Mn ke dalam substrat biokonversi cenderung meningkatkan degradasi lignin substrat dan pencernaan bahan kering substrat. Biokonversi batang pohon kapas dengan kapang *Pleurotus ostreatus* yang ditambah dengan $MnSO_4$ mampu mengurangi kandungan lignin hingga 56% (Kerem & Hadar, 1997).

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari respon penambahan mineral mangan dan kalsium dalam fermentasi KBK dengan kapang *P. chrysosporium* yang diukur dengan perubahan bahan kering dan bahan organik, rasio selulosa lignin dan kandungan fraksi serat KBK.

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan adalah KBK, kapang *P. chrysosporium* IFO 31249, $MnSO_4$ dan $CaCl_2$. Empat perlakuan penambahan mineral dalam fermentasi ini adalah A=perlakuan kontrol (substrat + kapang PC); B=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn; C=perlakuan kontrol + 3300 ppm Ca; dan D=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn + 3300 ppm Ca. Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial 4x6 yang diulang masing-masing sebanyak 3 kali. Faktor I adalah penambahan mineral. Faktor II adalah waktu pengamatan, yaitu 0, 5, 10, 15, 20 dan 25 hari.

Fermentasi dilakukan pada media padat dengan substrat KBK. Masing-masing sebanyak 10 g KBK kering ditambahkan air sehingga mencapai kadar air sekitar 65%, ditambahkan mineral sesuai perlakuan dan diinokulasi dengan kapang *P. chrysosporium*. Inkubasi dilakukan pada suhu 37 °C. Pengamatan dilakukan setiap 120 jam selama 25 hari yaitu pada 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 hari.

Analisis komposisi kimia substrat sebelum dan sesudah fermentasi dilakukan dengan analisis proksimat dan analisis van Soest (AOAC, 1998). Peubah yang diamati dalam penelitian ini meliputi perubahan bahan kering dan bahan organik, rasio selulosa lignin dan kandungan fraksi serat. Data dianalisa dengan sidik ragam dan untuk mengetahui perbedaan nilai tengah perlakuan dilakukan uji jarak berganda duncan (Steel & Torrie, 1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Bahan Kering dan Bahan Organik

Kandungan bahan kering. Kapang *P. chrysosporium* dengan bantuan enzim yang dihasilkan mempunyai kemampuan mengurangi keeratatan ikatan antara lignin dengan polisakarida dan mendegradasi lignin substrat. Lignin sebenarnya tidak dapat digunakan sebagai sumber e-

nergi utama bagi kapang sehingga kapang juga memanfaatkan bahan organik lain dari substrat. Adanya pertumbuhan dan proses penggunaan bahan organik substrat oleh kapang mengakibatkan terjadinya perubahan bahan kering dan bahan organik substrat (Tabel 1).

Jumlah air yang terkandung dalam bahan baku merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proses fermentasi. Beberapa peneliti berpedoman pada rasio air dan bahan kering 1:1, artinya bahan mempunyai kandungan air dan bahan kering 50%, sementara beberapa peneliti lain berpedoman pada kadar air bahan sebesar 65%. Kisaran kandungan air yang dapat dijadikan pedoman adalah 50%-65% atau kandungan bahan kering antara 35%-50%. Rataan kandungan bahan kering substrat sebelum fermentasi (fermentasi 0 hari) dalam percobaan ini adalah 49,45% (Tabel 1). Selama fermentasi kandungan bahan kering mengalami perubahan yang berfluktuatif yang dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi meskipun belum menunjukkan perbedaan yang nyata kecuali pada lama waktu fermentasi 5 hari yang mempunyai kandungan bahan kering terkecil.

Perbedaan kandungan bahan kering dapat terjadi karena dua faktor, yaitu faktor fisik dan faktor kimia. Perubahan jumlah biomassa kapang dalam substrat merupakan faktor fisik yang menyebabkan perubahan bahan kering.

Tabel 1. Kandungan bahan kering substrat kulit buah kakao sebelum dan setelah fermentasi (%)

Lama fermentasi	Jenis media				Rataan
	A	B	C	D	
0	51,40±2,46	48,17±1,37	48,97±1,32	49,25±1,29	49,45±1,38 ^{ab}
5	43,98±0,54	45,51±3,84	49,47±2,69	49,13±4,19	47,02±2,70 ^b
10	50,99±2,66	47,42±0,54	53,64±2,03	54,94±3,44	51,75±3,32 ^a
15	48,82±4,54	49,69±0,92	49,52±1,58	48,35±3,40	49,09±0,62 ^{ab}
20	50,04±4,90	50,23±0,99	50,44±2,01	50,67±1,06	50,34±0,27 ^a
25	55,96±2,36	53,78±3,97	49,76±4,77	50,07±2,01	52,39±3,00 ^a
Rataan	50,20±3,89 ^a	49,13±2,83 ^a	50,30±1,73 ^a	50,40±2,37 ^a	

Keterangan: superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$); A=perlakuan kontrol (substrat + kapang *Phanerochaete chrysosporium*); B=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn; C=perlakuan kontrol + 3300 ppm Ca; D=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn + 3300 ppm Ca.

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. Perombakan dan dekomposisi substrat oleh kapang melibatkan sejumlah reaksi kimia. Reaksi kimia ini umumnya akan melibatkan sejumlah air. Penambahan mineral tidak nyata mempengaruhi kandungan bahan kering (Tabel 1), namun perlakuan penambahan mineral ini nyata mempengaruhi perubahan bahan kering (Tabel 2).

Penambahan kalsium dalam substrat mempengaruhi peningkatan kandungan bahan kering, tetapi perubahan ini dibatasi oleh lama fermentasi. Perubahan positif kandungan bahan kering diduga karena adanya pertumbuhan dan peningkatan jumlah hifa kapang yang dipicu oleh ketersediaan kalsium. Kalsium merupakan unsur anorganik yang dibutuhkan oleh hampir semua organisme (Silverman-Gavrila & Lew, 2003). Kalsium esensial untuk stabilitas struktur protein (Martinez, 2002) dan membran sel

(Jellison *et al.*, 1997) serta mampu meningkatkan pertumbuhan kapang (Chung, 2003) karena perannya dalam pembentukan ujung cabang hifa (Jackson & Heath, 1993).

Perubahan bahan organik. Perombakan dan pemanfaatan bahan organik substrat oleh kapang dapat mempengaruhi kandungan bahan organik biomassa. Rataan kandungan bahan organik substrat adalah 92,28% (Tabel 3). Pola perubahan bahan organik hampir sama mengikuti pola perubahan bahan kering. Penambahan kalsium memberikan respon peningkatan bahan organik substrat. Dugaan peningkatan bahan kering karena pertumbuhan dan perbanyak miselia kapang mempunyai korelasi positif dengan peningkatan bahan organik karena bahan organik merupakan bagian dari bahan kering.

Kandungan Fraksi Serat

Lama fermentasi cenderung mempengaruhi kandungan NDF dan ADF, makin lama

Tabel 2. Perubahan bahan kering substrat kulit buah kakao selama fermentasi

Lama fermentasi	Jenis media				Rataan
	A	B	C	D	
----- g -----					
5	-0,50±0,09	-0,53±0,04	-0,41±0,07	-0,52±0,11	-0,49±0,06
10	-1,83±0,24	-1,37±0,18	-0,62±0,45	-1,38±0,21	-1,30±0,50
15	-0,74±0,20	1,46±0,14	-1,78±0,14	-0,95±0,08	-0,50±1,38
20	-0,35±0,03	0,19±0,04	-0,98±0,14	-0,26±0,07	-0,35±0,48
25	-0,64±0,23	1,15±0,09	-0,78±0,15	-1,28±0,27	-0,39±1,06
Rataan	-0,81±0,59	0,18±1,17	-0,91±0,53	-0,88±0,48	
----- % -----					
5	-4,86±0,68	-4,48±0,32	-3,82±1,77	-4,34±0,91	-4,38±0,43 ^b
10	-14,05±1,73	-11,60±1,19	-7,18±0,31	-8,98±0,68	-10,45±3,01 ^c
15	-5,83±1,67	13,83±2,52	-14,39±0,72	-7,88±0,54	-3,57±12,16 ^{ab}
20	-0,84±3,44	1,80±0,33	-7,33±0,76	-2,15±0,56	-2,13±3,84 ^a
25	-4,02±1,02	9,35±0,17	-6,57±0,59	-10,06±0,88	-2,83±8,48 ^a
Rataan	-5,92±4,91 ^b	1,78±10,25 ^a	-7,86±3,92 ^c	-6,68±3,32 ^b	

Keterangan: superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$); A=perlakuan kontrol (substrat + kapang *Phanerochaete chrysosporium*); B=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn; C=perlakuan kontrol + 3300 ppm Ca; D=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn + 3300 ppm Ca.

Tabel 3. Kandungan dan perubahan bahan organik (%) substrat kulit buah kakao

Lama fermentasi	Jenis media				Rataan
	A	B	C	D	
Kandungan bahan organik					
0	91,14±0,57	93,93±1,40	91,83±0,41	92,19±0,11	92,28±1,19 ^{abc}
5	91,40±0,62	91,33±0,38	91,31±0,27	91,27±0,40	91,33±0,05 ^d
10	92,66±1,02	91,76±0,85	90,96±0,22	92,67±1,03	92,01±0,82 ^{bcd}
15	92,65±1,68	91,97±0,45	92,99±0,22	92,88±0,09	92,62±0,46 ^{ab}
20	92,95±0,11	92,92±0,60	93,20±1,14	91,87±1,56	92,74±0,59 ^a
25	92,14±0,35	92,47±1,75	91,58±0,70	90,54±1,04	91,68±0,84 ^{cd}
Rataan	92,16±0,74 ^a	92,40±0,94 ^a	91,98±0,92 ^a	91,91±0,88 ^a	
Perubahan bahan organik					
5	-4,48±0,53	-6,80± 1,57	-4,57±1,38	-5,16±1,25	-5,25±1,07 ^c
10	-12,45±1,97	-13,41± 1,60	-8,38±0,57	-8,58±1,53	-10,70±2,60 ^d
15	-4,38±3,63	11,30± 1,75	-13,30±0,94	-7,49±0,89	-3,47±10,51 ^{ab}
20	-1,19±1,57	0,92± 1,23	-5,87±0,71	-2,64±2,07	-2,19±2,85 ^a
25	-3,29±1,54	7,40± 2,06	-6,84±1,17	-12,57±2,26	-3,83±8,40 ^b
Rataan	-5,16±4,29 ^b	-0,12±10,11 ^a	-7,79±3,38 ^c	-7,29±3,73 ^c	

Keterangan: superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$); A=perlakuan kontrol (substrat + kapang *Phanerochaete chrysosporium*); B=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn; C=perlakuan kontrol + 3300 ppm Ca; D=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn + 3300 ppm Ca.

fermentasi cenderung menurunkan kandungan kedua komponen serat tersebut. Hal ini dimungkinkan oleh adanya perombakan struktur fraksi serat oleh enzim kapang meski belum terjadi secara signifikan. Penurunan kandungan NDF relatif lebih besar dibanding kandungan ADF. Perbedaan mendasar komponen penyusun NDF dan ADF adalah kandungan hemiselulosa (Hindrichsen *et al.*, 2006). Hemiselulosa merupakan polisakarida yang mempunyai tingkat degradasi lebih baik dibanding selulosa dan lignin.

Rataan kandungan NDF dan ADF substrat KBK sebelum fermentasi masing-masing sebesar 61,38% dan 56,42% (Tabel 4). Kandungan ADF suatu bahan selalu lebih kecil dari NDF karena selisih keduanya merupakan komponen hemiselulosa. Seperti halnya bahan kering dan bahan organik, kandungan NDF dan ADF selama fermentasi mengalami perubahan yang fluktuatif yang dipengaruhi oleh lama fermentasi.

Kandungan NDF dan ADF cenderung mengalami perubahan yang berbeda dengan kandungan bahan kering kecuali pada waktu fermentasi 25 hari. Kandungan NDF dan ADF pada fermentasi 5 hari mengalami peningkatan, menurun pada fermentasi 10 hari dan meningkat kembali pada fermentasi 15 hari. Kondisi ini diduga karena pemanfaatan komponen isi sel yang mengandung lipida, gula, asam organik, non protein nitrogen, pektin, protein terlarut, dan bahan terlarut dalam air lainnya oleh kapang *P. chrysosporium*. Penurunan jumlah satuan komponen isi sel mengakibatkan peningkatan persentase komponen dinding sel. Hal ini dapat dilihat dari selisih rata-rata kandungan NDF dan ADF (Tabel 4), yaitu semakin lama fermentasi, kandungan hemiselulosa semakin kecil.

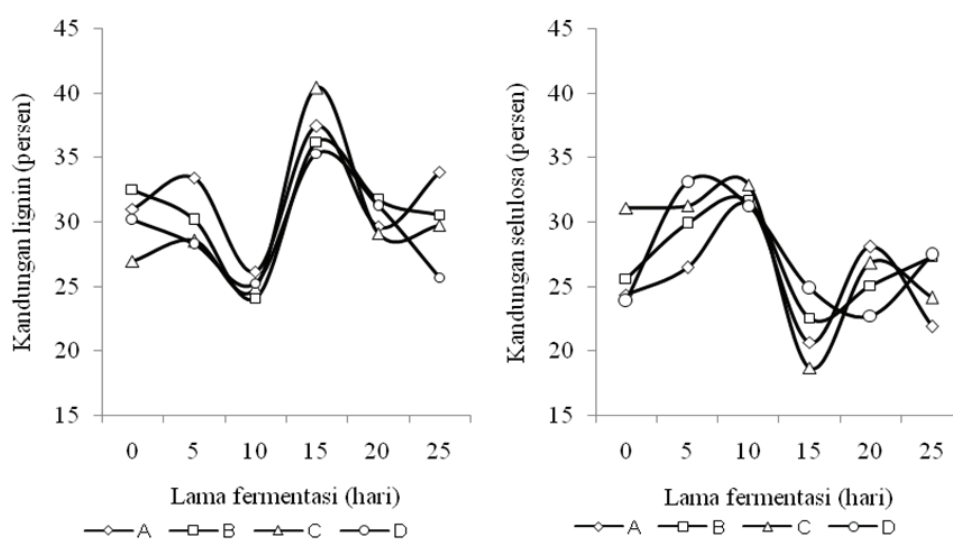
Lignin merupakan komponen dinding sel tanaman yang mengalami perkembangan setelah tanaman mengalami proses pende-wasaan. KBK sebagai limbah tanaman tua,

Tabel 4. Kandungan *neutral detergent fiber* (NDF) dan *acid detergent fiber* (ADF) substrat sebelum dan setelah fermentasi (%)

Lama fermentasi	Jenis media				Rataan
	A	B	C	D	
NDF					
0	58,06±0,76	63,15±0,30	63,45±0,42	60,85±1,70	61,38±2,43 ^c
5	65,82±1,00	65,25±2,68	62,87±0,72	65,12±0,14	64,77±1,30 ^a
10	60,40±1,54	61,47±1,12	61,72±0,76	61,34±0,34	61,23±0,57 ^c
15	60,71±0,60	63,43±0,46	61,88±1,13	63,28±0,74	62,33±1,28 ^b
20	60,68±1,32	61,94±2,09	58,65±0,36	58,52±0,72	59,95±1,66 ^d
25	57,55±1,32	59,50±0,54	56,74±0,54	55,38±0,49	57,29±1,76 ^c
Rataan	60,54±2,91 ^b	62,46±1,96 ^a	60,88±2,62 ^b	60,75±3,45 ^a	
ADF					
0	55,39±0,51	58,14±1,36	58,11±1,22	54,03±0,67	56,42±2,05 ^c
5	59,91±1,02	60,04±2,53	59,82±0,69	61,41±0,93	60,30±0,75 ^a
10	57,50±1,33	55,65±0,39	57,78±1,41	56,56±0,87	56,87±0,97 ^c
15	58,10±0,66	58,76±0,46	59,14±0,73	60,17±0,20	59,04±0,86 ^b
20	57,76±1,55	56,75±1,41	55,94±0,91	53,96±1,66	56,10±1,61 ^{cd}
25	55,78±1,46	57,83±1,10	53,91±0,56	53,14±1,06	55,16±2,09 ^d
Rataan	57,41±1,65 ^a	57,86±1,53 ^a	57,45±2,18 ^a	56,54±3,50 ^b	

Keterangan: superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$); A=perlakuan kontrol (substrat + kapang *Phanerochaete chrysosporium*); B=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn; C=perlakuan kontrol + 3300 ppm Ca; D=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn + 3300 ppm Ca.

dinding selnya telah mengalami lignifikasi tahap lanjut. Kandungan lignin KBK cukup tinggi yaitu sekitar 27,95% (Amirroenas, 1990) sampai 38,78% (Laconi, 1998). Rataan



Gambar 1. Kandungan lignin dan selulosa substrat kulit buah kakao sebelum (0 hari) dan setelah fermentasi

Tabel 5. Rasio selulosa lignin substrat kulit buah kakao

Lama fermentasi	Jenis media				Rataan
	A	B	C	D	
0	0,79±0,06	0,80±0,19	1,16±0,10	0,80±0,11	0,89±0,18 ^c
5	0,80±0,14	1,00±0,25	1,10±0,15	1,18±0,19	1,02±0,17 ^b
10	1,21±0,20	1,35±0,34	1,34±0,25	1,25±0,23	1,29±0,07 ^a
15	0,55±0,03	0,62±0,01	0,47±0,15	0,71±0,10	0,59±0,10 ^d
20	0,95±0,12	0,81±0,19	0,93±0,18	0,74±0,17	0,86±0,10 ^c
25	0,65±0,04	0,91±0,25	0,84±0,27	1,07±0,09	0,87±0,18 ^c
Rataan	0,82±0,23 ^b	0,92±0,25 ^{ab}	0,97±0,30 ^a	0,96±0,24 ^a	

Keterangan: superskrip berbeda pada kolom atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$); A=perlakuan kontrol (substrat + kapang *Phanerochaete chrysosporium*); B=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn; C=perlakuan kontrol + 3300 ppm Ca; D=perlakuan kontrol + 310 ppm Mn + 3300 ppm Ca.

kandungan lignin KBK sebelum fermentasi dalam percobaan ini adalah 30,18%. Besaran kandungan lignin dipengaruhi lama fermentasi dan jenis media. Kandungan lignin secara langsung mempunyai korelasi dengan kandungan selulosa substrat (Gambar 1). Lama fermentasi 10 hari mempunyai kandungan lignin terkecil sebesar 25,08%, selulosa terbesar 31,79% sehingga menghasilkan rasio selulosa lignin terbesar yaitu 1,29 (Tabel 5).

Media yang mengandung mangan (perlakuan C dan D) mempunyai kandungan lignin yang lebih kecil. Mangan merupakan mikronutrien yang dibutuhkan sebagai kofaktor sistem enzim. Mn pada kapang *P. chrysosporium* berfungsi dalam pengaturan berbagai protein selama metabolisme sekunder (Ward *et al.*, 2004). Konsentrasi Mn^{2+} dalam medium mempengaruhi pembentukan enzim ligninolitik.

KESIMPULAN

Lama fermentasi dan penambahan mineral mempengaruhi kandungan fraksi serat dan rasio selulosa-lignin KBK. Penambahan kalsium dan lama fermentasi 15 hari memberikan respon positif terhadap perubahan bahan kering dan bahan organik yang mengalami peningkatan masing-masing sebesar 13,83% dan 11,30%. Rasio selulosa dan lignin terbaik tercapai pada media menggunakan mineral

mangan pada waktu fermentasi 10 hari yaitu sebesar 1,34.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirroenas D. E.** 1990. Mutu ransum berbentuk pellet dengan bahan serat biomasa pod kakao (*Theobroma cacao* L.) untuk pertumbuhan sapi perah jantan. Thesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- AOAC.** 1998. Official Methods of Analysis, 16th ed, 4th revision. AOAC International. Gaithersburg MD.
- Aregheore, E. M.** 2002. Chemical evaluation and digestibility of cocoa (*Theobroma cocoa*) by product fed to goats. Trop. Anim. Health Prod. 34:339-348.
- Chung, K. R.** 2003. Involvement of calcium/calmodium signaling in cercosporin toxin biosynthesis by *Cercospora nicotianae*. Appl. Environ. Microbiol. 69:1187-1196.
- Departemen Pertanian.** 2009. Basis Data Statistik Pertanian. http://database.deptan.go.id/bdsp/hasil_kom.asp [29 April 2009].
- Hindrichsen, I. K., M. Kreuzer, J. Madsen, & K. E. B. Knudsen.** 2006. Fiber and lignin analysis in concentrate, forage, and feces: detergent versus enzymatic-chemical method. J. Dairy Sci. 89:2168-2176.
- Jackson, S. L. & I. B. Heath.** 1993. Roles of calcium ions in hyphal tip growth. Microbiol Rev 57:367-382.
- Jellison J., J. Connolly, B. Goodell, B. Doyle, B. Illman, F. Fekete, & A. Ostrofsky.** 1997.

- The role of cation in the biodegradation of wood by the brown rot fungi. *Int. Biodeter. Biodegr.* 39:165-179
- Kerem Z & Y. Hadar.** 1997. The role of manganese in enhanced lignin degradation by *Pleurotus ostreatus*. Biological Symposium. TAPPI Press, Atlanta.
- Laconi, E. B.** 1998. Peningkatan kualitas kakao melalui amoniasi dengan urea dan biofermentasi dengan *Phanerochaete chrysosporium* serta penjabarannya dalam formulasi ransum ruminansia. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Martinez, A. T.** 2002. Molecular biology and structure-function of lignin degradation heme-peroxidase. *Enzyme Microbiol. Technol.* 30:425-444.
- Olubamiwa O, A. R. Otun, & O. G. Longe.** 2002. Dietary inclusion rate of cocoa husk for starter cockerels. *Intern. J. Poult. Sci.* 1:133-135.
- Silverman-Gavrila, L. B. & R. R. Lew.** 2003. Calcium gradient dependence of *Neurospora crassa* hyphal growth. *Microbiology.* 149:2475-2485
- Smith, D. H. & A. A. Adegbola.** 1982. Studies on the feeding value of agro-industrial by-product and the feeding value of cocoa pods for cattle. *Tropical Anim. Prod.* 7:290-295.
- Steel, R. G. D. & J. H. Torrie.** 1990. Principles and Procedures of Statistic. A Biometrical Approach. 2nd Ed. Mc Graw Hill International Book Co., London.
- Takano M., M. Nakamura, A. Nishida, & M. Ishihara.** 2004. Manganese peroxidase from *Phanerochaete crassa* WD1694. *Bull. FFPRI.* 3:7-13.
- Tequia A., H. N. L. Endeley, & A. C. Beynen.** 2004. Broiler performance upon dietary substitution of cocoa husks for maize. *Int. J. Poult. Sci.* 3: 779-782.
- Wuyep P. A., A. U. Khan, & A. J. Nok.** 2003. Production and regulation of lignin degrading enzymes from *Lentinus squarrosulus* (Mont.) singer and *Psathyrella atroumbonata* Pegler. *African J. Biotechnol.* 2:444-447.
- Ward, G, Y. Hadar, & C. G. Dosoretz.** 2004. The Biodegradation of Lignocellulose by White Rot Fungi. In: D.K. Arora, P.D. Bridge, & D. Bhatnagar (Eds). *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications.* Marcel Dekker, New York.
- Zacchi, L., I. Morris, & P. J. Harvey.** 2000. Disorder ultrastructure in lignin-peroxidase secreting hyphae of the white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *Mycology* 146:759-765.