

KANDUNGAN NUTRISI DAN KECERNAAN *IN VITRO* BUNGKIL BIJI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) TERDETOKSIFIKASI

Despal, N. Sigit, dan P. Hasanah¹

Intisari

Bungkil biji jarak yang terdetoksifikasi memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan sebagai pakan ternak. Sejauh ini belum ada metode detoksifikasi yang efisien. Curcin dan phorbol ester yang merupakan racun utama dapat diturunkan kandungannya menggunakan ekstraksi metanol yang diikuti dengan pemanasan basah, namun metode ini tidak ekonomis. Alternatif metode detoksifikasi seperti penggunaan alkali dan penambahan anti tumor dicobakan pada penelitian ini. Bungkil biji jarak yang berasal dari tiga wilayah di Indonesia (Lampung, Kebumen dan Lombok Timur) digunakan untuk melihat pengaruh dari penggunaan lima taraf metode detoksifikasi (T1 – T4 = 0; 0,5; 1,0 dan 1,5% penambahan tepung kunyit, sedangkan T5 = penambahan 4% NaOH dan 10% NaOCl). Semua perlakuan disertai dengan pemanasan basah. Perubahan kandungan nutrisi dan antinutrisi serta kecernaan bungkil diamati. Komposisi kimia yang ditetapkan meliputi bahan kering (BK), abu, protein kasar (PK), lemak dan serat kasar (SK). Curcin dan phorbol ester ditetapkan menggunakan HPLC. Laju fermentasi bahan organik bungkil yang diukur dari produksi gas *in vitro* ditetapkan menggunakan metode Menke, sedangkan kecernaan bahan kering (KcBK) dan bahan organik (KcBO) diukur mengikuti metode Tilley dan Terry. Detoksifikasi meningkatkan kandungan PK dan abu namun menurunkan SK bungkil terolah. Perlakuan pemanasan basah menurunkan kandungan curcin hingga 60%. Perlakuan T5 menurunkan 44% kandungan phorbol ester (hingga 0,65 mg/g), paling baik diantara perlakuan lainnya. Walau demikian, bungkil terdetoksifikasi yang dihasilkan masih belum dapat dikategorikan kepada pakan yang aman untuk dikonsumsi ternak. Detoksifikasi bungkil biji jarak menyebabkan bungkil sedikit terproteksi dari terdegradasi rumen namun tidak pada pencernaan enzimatik. Kecernaan bungkil biji jarak terdetoksifikasi tidak dipengaruhi oleh asal dan metode detoksifikasi bungkil.

Kata Kunci: Bungkil Biji Jarak, Tepung Kunyit, Curcin, Phorbol ester, Detoksifikasi.

NUTRIENT CONTENT AND *IN VITRO* DIGESTIBILITY OF DETOXIFIED JATROPA MEAL (*Jatropha curcas* L.)

Abstract

Detoxified jatropha meal has a great potential as animal feedstuff. So far, there are no sophisticated detoxification methods available. Curcin and phorbol ester are the main toxic compounds that could be eliminated by methanol extraction. However, the treatment is economically unreasonable. Alternative detoxification method using alkali and anti-tumor agent (turmeric) have been tried. Three origins of Indonesian jatropha (Lampung = L, Kebumen = K and Lombok Timur = LT) were used to investigate the effect of 5 levels detoxification methods. They were 0% (T1), 0.5% (T2), 1.0% (T3) and 1.5% (T4) of turmeric and 4% NaOH + 10% NaOCl (T5). All treatments followed by wet heat treatment. Nutritional and anti-nutritional composition as well as digestibility changed had been investigated. The proximate composition included dry matter (DM), ash, crude protein, lipid and crude fiber had been determined. Curcin and phorbol ester contents had been detected using HPLC. Rate of organic matter fermentation to form gas was measured following Menke procedure. DMD and OMD were determined according to two step methods by Tilley and Terry. Detoxification increase CP and ash but reduce CF contents. Wet heat treatment shrank 60% of curcin content. T5 reduced 44% of phorbol ester content (up to 0.65 mg/g) but still could not be categorized as a safety feed for animal. The treatments protected jatropha meal from rumen degradation partly but not post rumen. Neither origin nor treatments influenced DMD and OMD treated jatropha.

Key Words: Jatropha Meal, Turmeric, Curcin, Phorbol ester, Detoxification.

¹ Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.

Pendahuluan

Bungkil biji jarak (BBJ) merupakan lebih dari 50% biomas biji jarak (Staubmann *et al.*, 1997) yang dihasilkan sebagai ikutan pembuatan minyak jarak. Bungkil ini memiliki potensi yang tinggi untuk digunakan sebagai pakan ternak (Makkar *et al.*, 1998). Variasi kandungan nutrisi BBJ tergantung varietas dan geografis tumbuhnya. Kandungan protein kasar berkisar 53 – 58% pada varietas beracun (Cape Verde) hingga 63,8% pada varietas Santiago dari Meksiko yang tidak beracun (Aregheore *et al.*, 2003). Kadar lemak bungkil yang diekstraksi berkisar 1 – 1,5%, dengan kandungan abu 9,7%. Energi bruto bungkil jarak sebesar 18 MJ/kg dan fraksi NDF sebesar 9% (Makkar *et al.*, 1998). Selain kandungan nutrisinya yang sangat baik untuk ternak, terdapat anti nutrisi yang menghambat penggunaannya (Francis *et al.*, 2006). Diantara anti nutrisi yang berbahaya adalah curcin dan phorbol ester (Makkar *et al.*, 1998) yang dapat menyebabkan kematian pada ternak.

Curcin atau lectin adalah fitotoxin atau toxalbumin yang memiliki molekul protein besar, kompleks dan sangat beracun. Menyerupai struktur dan fisiologis racun bakteri. Fitotoxin tidak tahan terhadap panas, dapat menyebabkan iritasi pada mata dan tetap terdapat pada fraksi bungkil setelah pemerahan minyak (Heller, 1996). Pemanasan 100°C selama 30 menit tidak mampu menurunkan aktivitas lectin, namun pengukusan selama 5 menit mampu mendeaktivasi lectin (Wink, 1993).

Phorbol ester atau diterpene esters dapat memacu pertumbuhan sel tumor dengan mengaktifasi protein kinase C (PKC) yang meniru aktivitas diacylglycerol (DAG). Lebih buruk lagi, phorbol ester meningkatkan afinitas PKC Ca^{2+} secara dramatis dan sulit untuk dimetabolisme sehingga terjadi aktivasi berlanjut yang dapat menyebabkan proliferasi dan diferensiasi sel yang tidak terkontrol (Asaoka *et al.*, 1992).

Agar dapat dimanfaatkan, bungkil biji jarak perlu didetoksifikasi terlebih dahulu (Aregheore *et al.*, 2003). Beberapa metode detoksifikasi yang sudah dilaporkan antara lain: 1) Pemanasan (Wink, 1993; Makkar dan Becker, 1997; Gross *et al.*, 1997; Aderibigbe *et al.*, 1997; Aregheore *et al.*, 1998) dan teknik iradiasi atau penyinaran (Herrera *et al.*, 2006). 2) Ekstraksi dengan metanol atau etanol 92% (Gross *et al.*, 1997; Aregheore *et al.*, 2003; Herrera *et al.*, 2006). 3) Pengolahan kimia dengan NaOH dengan dan tanpa NaOCl (Aregheore *et al.*, 2003) dan 0.07%

NaHCO₃ (Herrera *et al.*, 2006). 4) Fermentasi dengan *Rhizopus oryzae* (Trabi *et al.*, 1997) dan *Rhizopus oligosporus* (Nurhikmawati *et al.*, 2007).

Pemanasan dapat menurunkan aktivitas lectin dan trypsin inhibitor (Makkar dan Becker, 1997; Aderibigbe *et al.*, 1997; Aregheore *et al.*, 1998), meningkatkan pencernaan nitrogen rumen *in vitro* dari 38% menjadi 65% (Makkar dan Becker, 1997), namun penggunaannya pada ikan menyebabkan kematian ikan 100% (Gross *et al.*, 1997). Pengolahan kimia dengan 4% NaOH ditambah 10% NaOCl diikuti dengan pemanasan juga berhasil menurunkan kadar phorbol ester varietas toxic dari 1,78 mg/g menjadi 0,13 mg/g (Aregheore *et al.*, 2003), namun belum sampai taraf aman. Ekstraksi alkohol 92% yang diikuti dengan pemanasan dapat menurunkan kadar phorbol ester ke taraf yang dapat ditoleransi ternak, percobaan pemberiannya pada ternak (mencit dan tikus) tidak menunjukkan gangguan pertumbuhan (Gross *et al.*, 1997; Aregheore *et al.*, 2003).

Walaupun ekstraksi alkohol yang disertai pemanasan berhasil menurunkan kandungan curcin dan phorbol ester hingga taraf aman untuk ternak, namun secara ekonomis metode ini masih dipertanyakan. Penggunaan alkali yang dapat menyabunkan (saponifikasi) phorbol ester yang diikuti dengan pemanasan juga berhasil menurunkan kadar phorbol ester walaupun tidak seefektif ekstraksi alkohol, namun secara ekonomis lebih aplikatif terutama untuk varietas yang kandungan phorbol esternya lebih rendah dari kandungan phorbol ester yang terdapat di Cape Verde yaitu 2,1 mg/g.

Permana *et al.* (2007) melaporkan bahwa kandungan nutrisi dan racun BBJ yang berasal dari tiga wilayah di Indonesia memiliki kandungan phorbol ester berkisar 0,99 – 1,33 mg/g. Dengan kandungan phorbol ester yang lebih rendah, diharapkan BBJ dari Indonesia lebih mudah didetoksifikasi.

Kurkumin merupakan komponen utama yang terkandung dalam genus *Curcuma*, seperti pada tanaman kunyit dan temulawak. Penggunaan kurkumin baik preparat murni maupun komersial untuk menghambat aktivitas phorbol ester sudah banyak diteliti dalam bidang kedokteran karena sifat kurkumin yang bertentangan dengan phorbol ester sebagai anti tumor (Huang *et al.*, 1995; Zhang *et al.*, 1999; Ireson *et al.*, 2001; Chun *et al.*, 2003). Namun untuk pakan ternak khususnya untuk menghambat aktivitas

phorbolester pada penggunaan BBJ belum banyak dikaji.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh detoksifikasi BBJ dengan perlakuan kimia dan penambahan anti tumor kurkumin yang disertai pemanasan basah terhadap perubahan kandungan nutrisi dan antinutrisi serta pencernaan BBJ terdetoksifikasi secara *in vitro*.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli 2006 sampai bulan Februari 2007 di Laboratorium Ilmu Nutrisi Ternak Perah serta Laboratorium Biokimia Fisiologi dan Mikrobiologi Nutrisi, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. BBJ yang digunakan berasal dari tiga daerah, yaitu Lampung (L), Kebumen (K), dan Lombok Timur (LT), mewakili kesuburan tanah yang berbeda.

Biji jarak pagar dikupas cangkangnya, dimasukkan ke dalam oven bersuhu 70°C selama 2 jam. Selanjutnya biji jarak pagar digiling dengan *blender*, lalu tepung biji jarak ditekan dengan mesin kempa hidrolik manual bersuhu 50°C sampai keluar minyak. Sisa hasil pres berupa *cake*, kemudian digiling dan ditekan kembali. *Cake* hasil *press* kedua digiling dan selanjutnya disebut bungkil biji jarak (BBJ).

Sebanyak masing-masing 250 gram BBJ ditambah tepung kunyit 0% (P1), 0,5% (P2), 1% (P3) dan 1,5% (P4). Kemudian 550 ml aquades ditambahkan ke masing-masing bahan untuk mencapai kandungan *moisture* bahan 66%, lalu diaduk sampai homogen. Untuk P5 digunakan 4% NaOH dan 10% NaOCl serta ditambah 525 ml aquades. Semua perlakuan diikuti dengan pemanasan pada *autoclave* suhu 121°C selama 30 menit.

Kandungan nutrisi BBJ yang terdetoksifikasi, meliputi bahan kering (BK), abu, protein kasar (PK), lemak, dan serat kasar (SK) dianalisa menurut analisa proksimat (Naumann dan Bassler, 1997). Kandungan curcin diukur menggunakan prosedur AOAC (1999) dan phorbolester menggunakan metode Makkar *et al.* (1998). Pengukuran produksi gas untuk menggambarkan laju degradasi bahan organik diukur menggunakan metode Menke *et al.* (1979). Kecernaan bahan kering (KcBK) dan bahan organik (KcBO) dianalisa menggunakan metode Tilley dan Terry (1963).

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan pola faktorial 3 x 5 dengan 3 ulangan sebagai kelompok. Faktor A adalah asal BBJ (Lampung, Kebumen, dan Lombok Timur) dan metode detoksifikasi sebagai faktor B. Peubah yang diamati antara lain kandungan nutrisi, lectin, phorbolester, produksi gas, KCBK dan KCBO. Analisis data dilakukan menggunakan SPSS versi 12 (SPSS Inc., 2003).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan nutrisi dan racun

Kandungan nutrisi dan racun setelah detoksifikasi dapat dilihat pada Tabel 1. Bungkil biji jarak pagar terdetoksifikasi (BBJT) mengalami perubahan baik dari segi kandungan nutrisi maupun racun jika dibandingkan dengan bahan asal yang dilaporkan oleh Permana *et al.* (2007). Kandungan abu dan PK BBJT mengalami peningkatan sedangkan kandungan SK menurun. Kandungan lemak relatif konstan.

Secara umum peningkatan kandungan nutrisi disebabkan oleh hilangnya sebagian bahan organik selama proses detoksifikasi. Peningkatan kadar abu disebabkan oleh penambahan mineral, terutama pada P5. Penurunan SK disebabkan oleh pemanasan yang melepaskan ikatan hidrogen molekul selulosa dan hemi selulosa, sehingga terurai menjadi molekul karbohidrat yang lebih sederhana.

Pemanasan basah pada *autoclave* suhu 121°C selama 30 menit sangat efektif menurunkan 60% kandungan curcin BBJT. Hal ini disebabkan curcin mempunyai sifat labil terhadap panas (Aregheore *et al.*, 1998). Proses detoksifikasi hanya dapat menurunkan kandungan phorbolester sebesar 30%. Hal ini berhubungan dengan sifat phorbolester yang stabil terhadap panas dan metabolisme, serta dapat bertahan pada temperatur pemanggangan hingga 160°C selama 30 menit (Makkar dan Becker, 1997).

Tidak terdapat perbedaan pada kandungan protein dan serat antar metode detoksifikasi. Namun, terlihat perbedaan yang sangat besar pada kandungan abu, lemak, curcin, dan phorbolester pada P5. Peningkatan kandungan abu pada P5 akibat adanya penambahan Na dan Cl dari bahan kimia. Penurunan kandungan lemak pada P5 disebabkan oleh penyabunan sebagian lemak oleh larutan basa yang ditambahkan. Penurunan lemak ini sejalan dengan penurunan phorbolester yang lebih tajam

pada P5 dibandingkan dengan metode detoksifikasi lainnya. Namun, kandungan curcin sedikit lebih tinggi pada P5. Hal ini mungkin dikarenakan terselaminya protein oleh penyabunan, sehingga terproteksi pada proses pemanasan.

Metode detoksifikasi yang paling efektif dalam penelitian ini adalah P5. Sedangkan metode detoksifikasi dengan penambahan kunyit tidak mampu menurunkan kandungan phorbol ester. Hal ini sesuai dengan hipotesa awal bahwa penambahan kunyit yang bersifat anti tumor tidak untuk menurunkan kandungan phorbol ester namun bekerja berlawanan dengan phorbol ester pada tingkat sel.

Detoksifikasi secara kimiawi (P5) menurunkan 44% phorbol ester, namun masih

pada taraf yang tidak aman untuk dikonsumsi. Penurunan pada phorbol ester pada penelitian ini tidak setajam yang dilaporkan oleh Aregheore *et al.* (2003) yang mampu menurunkan phorbol ester hingga 93% dengan perlakuan yang sama.

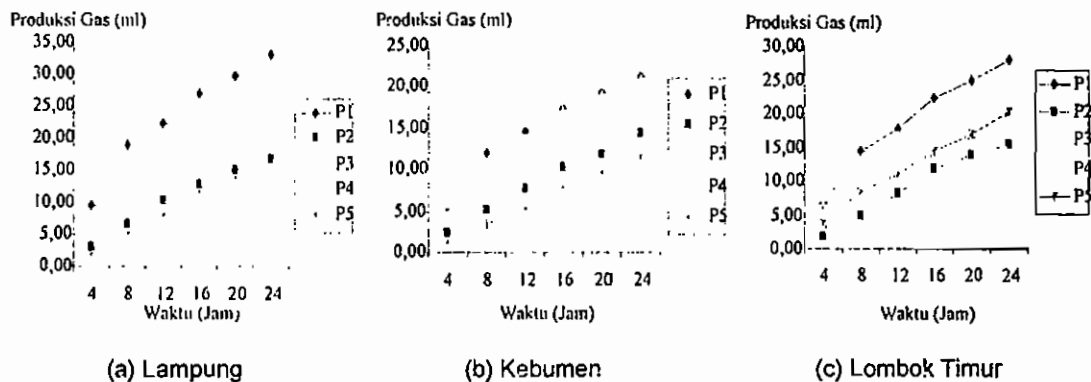
Fermentabilitas dan pencernaan *in vitro*

Produksi gas yang dihasilkan menunjukkan terjadinya proses fermentasi bahan pakan oleh mikroba rumen dimana bahan organik difermentasi menjadi asam lemak volatil (VFA), terutama asam asetat, propionat dan butirat serta gas metan (CH₄), dan CO₂ (McDonald *et al.*, 2002). Pola degradasi bahan organik BBJT dari berbagai daerah membentuk gas diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Kandungan nutrisi dan racun BBJP setelah didetoksifikasi

Faktor		BK ¹⁾	Abu ¹⁾	PK ¹⁾	LK ¹⁾	SK ¹⁾	Lectin ²⁾	Phorbol ester ³⁾
		(%)		(% BK)			(%)	(mg/g)
Asal	L	93,31	8,64	48,08	19,95	3,77	0,296	TAD
	K	94,45	8,25	43,98	23,32	5,05	0,298	0,78
	LT	92,72	7,95	36,77	30,09	3,48	0,27	0,83
Metode detoksifikasi	P1	95,89	7,17	43,65	26,07	4,04	0,22	Tad
	P2	92,74	7,63	45,16	27,79	4,08	0,24	Tad
	P3	93,95	7,31	44,16	26,84	4,00	0,26	Tad
	P4	92,31	7,43	38,57	26,78	4,19	0,35	0,97
	P5	92,58	11,87	43,17	14,80	4,18	0,37	0,65

TAD = tidak ada data karena tidak dianalisa.



Gambar 1. Produksi gas BBJP

Tabel 2. Rataan koefisien cerna bahan kering (%) BBJP-T

Metode detoksifikasi	Asal			Rataan ± SD
	Lampung	Kebumen	Lombok Timur	
P1	58,55 ± 2,78	55,44 ± 8,11	54,04 ± 6,87	56,01 ± 2,31
P2	58,15 ± 3,60	73,46 ± 10,87	54,16 ± 2,04	61,92 ± 10,18
P3	58,39 ± 1,21	56,31 ± 5,73	53,53 ± 1,82	56,08 ± 2,43
P4	56,63 ± 8,78	64,57 ± 17,43	47,22 ± 8,24	56,14 ± 8,69
P5	57,15 ± 14,24	63,92 ± 10,02	57,20 ± 17,65	59,42 ± 3,89
Rataan ± SD	57,77 ± 0,84 ^{ab}	62,74 ± 7,32 ^b	53,23 ± 3,66 ^a	

^{a,b} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Tabel 3. Rataan koefisien cerna bahan organik (%) BBJP-T

Metode detoksifikasi	Asal			Rataan ± SD
	Lampung	Kebumen	Lombok Timur	
P1	56,30 ± 3,01	55,84 ± 5,59	49,01 ± 8,39	53,72 ± 4,09
P2	55,93 ± 3,71	71,99 ± 11,83	51,49 ± 2,03	59,81 ± 10,78
P3	56,73 ± 1,70	54,35 ± 5,26	50,64 ± 1,64	53,90 ± 3,07
P4	54,91 ± 8,50	62,93 ± 17,97	45,54 ± 8,07	54,46 ± 8,70
P5	53,70 ± 15,78	61,20 ± 10,79	53,81 ± 19,04	56,24 ± 4,30
Rataan ± SD	55,52 ± 1,22 ^{ab}	61,26 ± 6,98 ^b	50,10 ± 3,08 ^a	

^{a,b} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Produksi gas BBJT terus meningkat seiring lamanya waktu inkubasi. Pola degradasi bahan organik BBJT dari berbagai sumber relatif sama. Metode detoksifikasi mempengaruhi laju produksi gas. Detoksifikasi tanpa penambahan kunyit (P1) menunjukkan produksi gas paling tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan P1 lebih mudah didegradasi oleh mikroba rumen dibandingkan perlakuan lainnya. Adanya penambahan tepung kunyit, NaOH dan NaOCl pada P2 sampai P5 menurunkan laju degradasi bahan dan memproteksi bahan organik dari degradasi. Hal ini dapat bernilai positif jika bahan organik dicerna pasca rumen (enzimatis).

Kecernaan bahan kering dan bahan organik digunakan sebagai salah satu penentu kualitas pakan. Semakin tinggi kecernaan bahan kering pakan, maka semakin tinggi zat-zat makanan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak (Arora, 1989). Koefisien cerna bahan kering dan bahan organik BBJT diperlihatkan pada tabel 2 dan 3.

Metode detoksifikasi tidak mempengaruhi KcBK dan KcBO. Perbedaan nilai KcBK dan KcBO disebabkan oleh asal BBJT yang berbeda. Hal ini berhubungan dengan komposisi kimia bungkil yang dipengaruhi oleh kesuburan tanah. BBJT asal Kebumen memiliki nilai KcBK lebih tinggi dibandingkan BBJT asal Lombok Timur. Nilai KcBO juga memperlihatkan pola yang sama. Setianegoro (2004) menyatakan bahwa nilai KcBO memiliki kecenderungan sama dengan KcBK. Hal ini disebabkan bahan kering suatu makanan sebagian besar terdiri atas bahan organik (Sutardi, 1980).

Walaupun laju degradasi bahan organik (produksi gas) dipengaruhi oleh metode detoksifikasi, namun KcBK dan KcBO menunjukkan hasil akhir kecernaan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa proteksi yang terjadi karena pengolahan sangat bermanfaat dimana proteksi bahan organik pada P2 sampai P5 dapat dicerna pasca rumen secara enzimatis.

Kesimpulan

Proses detoksifikasi dapat meningkatkan protein dan abu serta menurunkan serat BBJT. Pemanasan mampu menurunkan 60% kandungan curcin BBJT (P1). Penambahan NaOH dan NaOCl (P5) mampu menurunkan 44% kandungan phorbol ester. Penambahan kunyit sebagai sumber kurkumin tidak menurunkan kandungan phorbol ester BBJT. Metode detoksifikasi yang dicobakan (P1 – P5) belum mampu menurunkan kandungan racun hingga taraf aman.

Laju produksi gas memperlihatkan bahwa P1 lebih cepat didegradasi daripada P2 sampai P5 yang terproteksi oleh penambahan tepung kunyit, NaOH dan NaOCl. Tingkat degradasi yang berbeda pada metode detoksifikasi tidak menyebabkan perbedaan KCBK dan KCBO karena bahan organik yang terproteksi dapat dicerna pasca rumen secara enzimatis.

Daftar Pustaka

- Aderibigbe, A.O., C.O.L.E. Johnson, H.P.S. Makkar, K. Becker, and N. Foidl. 1997. Chemical composition and effect of heat on organic matter and nitrogen degradability and some antinutritional components of *Jatropha* meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 67 (2-3): 223-243.
- AOAC. 1999. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- Aregheore, E.M., K. Becker, H.P.S. Makkar. 2003. Detoxification of toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments and preliminary nutritional evaluation with rats. *S. Pac. J. Nat. Sci.* 21: 50 – 56.
- Aregheore, E.M., H.P.S. Makkar, K. Becker. 1998. Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of *Jatropha curcas* using latex agglutination and haemagglutination methods and

- inactivation of lectin by heat treatments. *J. Sci. Food Agric.* 77(3): 349-352.
- Arora, S. P. 1989. *Pencernaan Mikroba pada Ruminansia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Asaoka, Y., S. Nakamura, K. Yoshida, Y. Nishizuka. 1992. Protein kinase C, calcium and phospholipids degradation. *Trends Biochem. Sci.* 17: 414-417.
- Chun, K.S., Y.S. Keum, S.S. Han, Y.S. Song, S.H. Kim, Y.J. Surh. 2003. Curcumin inhibits phorbol ester-induced expression of cyclooxygenase-2 in mouse skin through suppression of extracellular signal-regulated kinase activity and NF- κ -B activation. *Carcinogenesis*, Vol. 24 (9): 1515-1524.
- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. 2006: Products from little researched plants as aquaculture feed ingredient. <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/551EN.HTM>. Download: 11.02.2006 pukul 11:27:11.
- Gross, H., Foidl, G., Foidl, N. 1997: Detoxification of *Jatropha curcas* press cake and oil and feeding experiments on fish and mice. In: Gübitz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M., *Biofuel and Industrial Product from Jatropha curcas*. DBV-Verlag, Graz.
- Heller, J. 1996: *Physic nut, Jatropha curcas, L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1*. Institut of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetics Research Institute, Rome.
- Herrera, J.M., Siddhuraju, P., Francis, G., Ortiz, G.D., Becker, K. 2006: Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry* 96 (1) : 80-89.
- Huang, M.T., Ma, W., Lu, Y.P., Chang, R.L., Fisher, C., Manchand, P.S., Newmark, H.L., Conney, A.H., You, M. 1995: Effects of curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin and tetrahydrocurcumin on 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate-induced tumor promotion. *Carcinogenesis*. 16(10): 2493-2497.
- Ireson, C., Orr, S., Jones, D.J.L., Verschoyle, R., Lim, C.K., Luo, J.L., Howells, L., Plummer, S., Jukes, R., Williams, M., Steward, W.P., Gescher, A. 2001: Characterization of metabolites of the chemopreventive agent curcumin in human and rat hepatocytes and in the rat in vivo, and evaluation of their ability to inhibit phorbol ester-induced prostaglandin E2 production. *Cancer Research*. 61: 1058-1064.
- Makkar, H.P.S., Becker, K. 1997: Potential of *Jatropha curcas* seed meal as a protein supplement to livestock feed: Constraints to its utilization and possible strategies to overcome constraints. In: Gübitz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M., *Biofuel and Industrial Product from Jatropha curcas*. DBV-Verlag, Graz.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., Sporer, F, Wink, M. 1997: Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agric. Food Chem.* 45 (8): 3152 – 3157.
- Makkar, H.P.S., Aderibigbe, A.O., Becker, K. 1998: Comparative evaluation of non-toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chem.* 62 (2): 207 – 215.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2002: *Animal Nutrition*. 6th Ed. Pearson Education Ltd. Harlow, England.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingab, H., Fritz, D., Schneider, W. 1979: The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with ruminant liquor. *J. Agric. Sci.* (93) : 217-222.
- Naumann, C., Bassler, R. 1997: *VDLUFA-Methodenbuch Band III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. 3rd ed. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Germany.
- Nurhikmawati, I, Sudarman, A, Sumiati. 2007: Pengaruh perlakuan fisika, kimia dan biologi terhadap komposisi kimia dan kandungan racun curcumin bungkil biji jarak pagar (*Jatropha curcas*). Makalah Seminar Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan. IPB. 15 Mei 2007.
- Permana, I.G., Despal, Gandini, L. 2007: Nutritional properties of three different origins of Indonesian *Jatropha (Jatropha curcas)* meal for ruminant. *Seag Mini Workshop Abstract, Manado May 3 – 5th, 2007*.
- Setianegoro, T.A. 2004: Kajian in vitro efek mikroba rayap dalam mendegradasi pakan sumber serat. Skripsi. Fakultas

- Peternakan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- SPSS Inc., 2003: SPSS 12 for Windows. SPSS.Inc.
- Staubmann, R., Foidl, G., Foidl, N., Gübitz, G.M., Lafferty, R.M., Valencia, V.M. 1997: Production of biogas from *Jatropha curcas* seeds press cake. In: In: Gübitz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M., Biofuel and Industrial Product from *Jatropha curcas*. DBV-Verlag, Graz.
- Sutardi, T. 1980: Landasan Ilmu Nutrisi. Departemen Ilmu Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tilley, J. M. A, Terry, R.A. 1963: Two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. *J. British Grassland Society*, 18:104-111.
- Trabi, M., Gübitz, G.M., Steiner, W., Foidl, N. 1997: Fermentation of *Jatropha curcas* seeds and press cake with *Rhizopus oryzae*. In: In: Gübitz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M., Biofuel and Industrial Product from *Jatropha curcas*. DBV-Verlag, Graz.
- Wink, M., 1993: Forschungs bericht zum projekt „Nutzung Pflanzlicher Öle als Kraftstoffe“ Consultant's report prepared for GTZ, Germany.
- Zhang, F., Altorki, N.K., Mestre, J.R., Subbaramaiah, K., Dannenberg, A.J. 1999: Curcumin inhibits cyclooxygenase-2 transcription in bile acid- and phorbol ester-treated human gastrointestinal epithelial cells. *Carcinogenesis*. 20 (3): 445-451.