

**TOKSISITAS RACUN BUNGKIL BIJI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) PADA AYAM BROILER**Sumiati, A. Sudarman, L.N. Hidayah, dan W.B. Santoso<sup>1</sup>**Intisari**

Penanaman pohon jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) secara besar-besaran yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia maupun pihak swasta untuk menghasilkan biji jarak sebagai bahan dasar biodiesel akan menghasilkan bungkil biji jarak yang berlimpah. Bungkil biji jarak pagar mengandung protein yang tinggi, sehingga dapat dijadikan sumber protein untuk ternak. Akan tetapi bungkil biji jarak mengandung zat yang sangat beracun untuk ternak, terutama *curcin* dan *phorbol ester*. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari toksisitas racun bungkil biji jarak pagar pada ayam broiler yang dicerminkan oleh pertumbuhan, tingkat mortalitas dan histopathologi hati dan ginjal. Penelitian ini menggunakan ayam broiler strain CP 707 sebanyak 96 ekor dan dipelihara selama 28 hari. Ransum perlakuan yang diberikan adalah: R0 (ransum kontrol, tanpa bungkil biji jarak), R1 (ransum mengandung 5% bungkil biji jarak), R2 (ransum mengandung 10% bungkil biji jarak) dan R3 (ransum mengandung 15% bungkil biji jarak). Data pertumbuhan dianalisis menggunakan analisis ragam dan data mortalitas serta histopatologi dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bungkil biji jarak pagar 5-15% sangat nyata ( $P < 0,01$ ) menurunkan konsumsi ransum dan pertumbuhan. Angka mortalitas 100% dicapai pada umur 22 hari (R1), 13 hari (R2) dan 7 hari (R3). Penggunaan bungkil biji jarak juga merusak jaringan hati dan ginjal sampai pada skor 3 (kisaran skor 0 – 3).

Kata Kunci: Bungkil Biji Jarak Pagar, Pertumbuhan, Mortalitas, Broiler.

**TOXICITY OF *Jatropha curcas* L. MEAL TOXINS ON THE BROILERS****Abstract**

The increasing of *Jatropha curcas* L. cultivation as raw material of biodiesel in Indonesia leads to increase *Jatropha curcas* meal as byproduct. Besides being a source of oil, *Jatropha* also provides a meal which may serve as a highly nutritious protein supplement in animal feed. However, both seed and oil have been found to be toxic. Curcin and phorbol ester are the main toxic components contained in the *Jatropha curcas* meal. This experiment was conducted to study the effects of using *Jatropha curcas* meal in the broiler diets on the growth, mortality rate and histopathology of liver and kidney. The experiment used 96 broilers strain CP 707 and were reared up to 28 days of age. The experimental diets were: R0 (control diet, without *Jatropha curcas* meal), R1 (5% *Jatropha curcas* meal), R2 (10% *Jatropha curcas* meal), and R3 (15% *Jatropha curcas* meal). The data of the performances were analysed using analyses of variance and the data of histopathology were analysed using descriptive analyses. The results showed that using *Jatropha curcas* meal in the diets highly significantly ( $P < 0,01$ ) decreased the feed intake and body weight gain. Using *Jatropha curcas* meal in the diets caused 100% mortality rate at the 22 days of age (R1), at the 13 days of age (R2) and at the seven days of age (R3). Using *Jatropha curcas* meal in the diets damaged the liver as well as kidney up to score 3 (score 0 – 3).

Key Words: *Jatropha curcas* Meal, Growth, Mortality, Broiler.

<sup>1</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. E-mail: y\_sumiati@yahoo.com.

## Pendahuluan

Sejalan dengan gencarnya program pengembangan energi alternatif biodiesel dari biji jarak pagar di Indonesia, sudah dapat dipastikan akan dihasilkan hasil ikutan bungkil biji jarak dalam jumlah yang sangat besar. Kandungan protein kasar bungkil biji jarak berkulit yang ada di Indonesia berkisar 19 – 21%, sedangkan bungkil biji jarak tanpa kulit mengandung protein sekitar 45 – 50%. Komposisi asam amino, persentase asam amino esensial dan kandungan mineral bungkil biji jarak hampir sama dengan biji-bijian lain. Kandungan nutrisi demikian potensial untuk dijadikan bahan pakan ternak. Komposisi kimia bungkil biji jarak pagar menurut Makkar *et al.* (1998) disajikan pada Tabel 1.

Menurut Aregheore *et al.* (1998), bungkil biji jarak pagar (tanpa lemak) mengandung protein sekitar 53 – 63% dan sekitar 90% protein tersebut merupakan protein murni (true protein). Akan tetapi penggunaan bungkil biji jarak pagar sebagai pakan ternak dibatasi oleh kandungan racun dan anti nutrisi yang dikandungnya. Aregheore *et al.* (2003) melaporkan bahwa pemberian bungkil biji jarak segar pada ternak akan menyebabkan kematian yang cukup singkat. Hal ini dikarenakan terutama oleh racun *curcin* dan *phorbol ester*.

Menurut Wink (1993), *curcin* adalah fitotoksin (racun yang terdapat pada tumbuh-

an) yang memiliki molekul protein besar, kompleks dan sangat beracun, menyerupai struktur dan fisiologis racun bakteri. Fitotoksin tidak tahan terhadap panas. *Curcin* dapat menyebabkan iritasi pada mata dan tetap berada dalam bungkil biji jarak setelah pengambilan minyak (Heller, 1996).

Menurut Aregheore *et al.* (1998), senyawa toksik lain yang terdapat pada bungkil biji jarak pagar adalah *phorbol ester* yang tidak mudah rusak dengan pemanasan, sehingga diduga penggunaannya sebagai pakan ternak dapat menyebabkan kematian. Menurut Makkar dan Becker (1997), konsentrasi *phorbol ester* yang tinggi dalam bungkil biji jarak pagar diduga sebagai racun utama yang bertanggung jawab terhadap kematian ternak. Menurut Adolf *et al.* (1984), *phorbol ester* terdapat pada minyak yang masih tersisa pada bungkil biji jarak.

Selain *phorbol ester* dan *curcin*, jarak mengandung antinutrisi seperti inhibitor tripsin, lectin dan fitat. Berbagai macam zat antinutrisi yang terkandung dalam biji jarak disajikan pada Tabel 2.

Penelitian potensi bungkil biji jarak pagar sebagai pakan ternak yang ada di Indonesia belum banyak dilakukan, sehingga belum banyak pustaka yang dapat dirujuk. Untuk mengetahui sejauh mana toksisitas racun yang terkandung dalam bungkil biji jarak yang ada di Indonesia, maka penelitian ini dilakukan.

Tabel 1. Komposisi kimia bungkil ekstraksi dari *Jatropha curcas* varietas beracun dan non-racun (%BK)

Komponen	Varietas beracun	Varietas non racun
Protein kasar (%)	56,4	63,8
Lemak(%)	1,5	1,0
Abu(%)	9,6	9,8
Energi bruto (MJ/kg)	18,2	18,0
NDF(%)	9,0	9,1

Sumber: Makkar *et al.* (1998).

Tabel 2. Kandungan zat antinutrisi penting dalam bungkil biji jarak dari varietas beracun dan non-racun

Komponen	Varietas beracun	Varietas non-racun
Phorbol ester (mg/g biji)	2,79	0,11
Total fenol (% asam tannin eq.)	0,36	0,22
Tannin (% asam tannin eq.)	0,04	0,02
Fitat (% bahan kering)	9,40	8,90
Saponin (% diosgenin eq.)	2,60	3,40
Inhibitor tripsin (mg tripsin yang dihambat per g sampel)	21,30	26,50
Lectin (1 /mg bungkil yang memproduksi haemaglutinasi per ml medium)	102,00	51,00

Sumber: Francis *et al.* (2005).

### Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Nutrisi unggas, Fakultas Peternakan IPB dan Laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Hewan IPB. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2006 sampai dengan bulan Februari 2007. Penelitian ini menggunakan 96 ekor DOC ayam broiler strain CP 707 yang dipelihara sampai umur 28 hari. Ternak dibagi kedalam 4 perlakuan dan 4 ulangan, masing-masing ulangan terdiri atas 6 ekor ayam. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Data konsumsi ransum, penambahan bobot badan dan bobot badan akhir minggu-1 dianalisis dengan sidik ragam dan yang berbeda nyata diuji lanjut

dengan uji jarak Duncan (Steel dan Torrie, 1995). Data pada minggu-2 sampai minggu-4 serta data mortalitas dan histo-patologi hati dan ginjal dianalisis secara deskriptif, karena mulai hari ke-8 (minggu ke-2) mulai terjadi kematian 100% pada R3, sehingga data untuk R3 sudah tidak ada lagi. Peubah yang diamati pada penelitian ini adalah: konsumsi ransum (g/ekor), penambahan bobot badan (g/ekor), bobot badan akhir (g/ekor), mortalitas (%) serta histopatologi hati dan ginjal.

Ransum disusun berdasarkan imbang energi metabolis/protein menurut NRC (1994). Komposisi dan kandungan zat makanan ransum penelitian ini disajikan pada Tabel 3 (periode *starter*) dan Tabel 4 (periode *grower*).

Tabel 3. Komposisi dan kandungan zat makanan ransum starter (umur 0-2 minggu)

Bahan pakan (%)	R0	R1	R2	R3
Jagung kuning	44,0	44,0	45,2	45,2
Dedak padi	20,0	15,0	10,0	5,0
Bungkil kedelai	22,0	22,0	21,0	20,6
Bungkil biji jarak	0	5,0	10,0	15,0
Tepung ikan	10,0	10,0	10,0	10,0
Minyak goreng	2,0	1,9	1,7	1,9
DCP	1,9	1,9	1,9	2,1
Premik	0,05	0,05	0,05	0,05
DL Methionin	0,1	0,1	0,1	0,1
Jumlah	100,0	100,0	100,0	100,0
Kandungan zat makanan berdasarkan perhitungan:				
Energi metabolisme (kkal/kg)	3015	3003	3001	3007
Protein(%)	22,01	22,28	22,22	22,32
Serat kasar (%)	4,86	5,93	6,95	8,00
Ca(%)	1,02	1,01	1,01	1,05
P tersedia (%)	0,78	0,77	0,76	0,50
Metionin(%)	0,53	0,53	0,50	0,52
Lisin(%)	1,28	1,25	1,20	1,00

Tabel 4. Komposisi dan kandungan zat makanan ransum periode grower (umur 2-4 minggu)

Bahan pakan (%)	R0	R1	R2	R3
Jagung kuning	51,0	51,5	52,0	53,0
Dedak padi	20,0	15,0	10,0	5,0
Bungkil kedelai	14,0	13,5	13,0	12,0
Bungkil biji jarak	0,0	5,0	10,0	15,0
Tepung ikan	10,0	10,0	10,0	10,0
Minyak goreng	2,0	2,0	1,9	2,0
DCP	2,8	2,8	2,9	2,8
Premik	0,05	0,05	0,05	0,05
DL Methionin	0,1	0,1	0,1	0,1
Jumlah	100,0	100,0	100,0	100,0
Kandungan zat makanan berdasarkan perhitungan:				
Energi metabolisme (kkal/kg)	3071	3074	3068	3085
Protein(%)	19,08	19,18	19,28	19,20
Serat kasar (%)	4,45	5,50	6,54	7,57
Ca(%)	1,19	1,19	1,20	1,18
P tersedia (%)	0,93	0,92	0,93	0,90
Metionin(%)	0,49	0,50	0,50	0,40
Lisin(%)	1,08	1,04	0,99	0,90

## Hasil dan Pembahasan

### Konsumsi ransum, penambahan bobot badan dan bobot badan akhir

Pengaruh pemberian bungkil biji jarak pagar dalam ransum terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot badan dan bobot badan akhir disajikan pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa pemberian bungkil biji jarak 5 – 15% dalam ransum sangat nyata ( $P < 0,01$ ) menurunkan konsumsi ransum dan penambahan bobot badan dibandingkan dengan kontrol (tanpa pemberian bungkil biji jarak). Bobot badan akhir ayam (umur 22 hari) yang diberi bungkil biji jarak sebanyak 5% dalam ransum (R1) hanya 111,0 gram/ekor atau hanya 21,97% dibandingkan bobot badan ayam kontrol (R0) pada umur yang sama. Bobot badan ayam yang diberi bungkil biji jarak 10% dalam ransum (R2) hanya 25,4% bobot badan kontrol (67,8 g/ekor vs. 266,3 g/ekor) pada umur yang sama (umur 13 hari). Bobot badan ayam yang diberi bungkil biji jarak 15% dalam ransum hanya 12,3% bobot badan kontrol (13,3 g/ekor vs. 108,4 g/ekor) pada umur yang sama (umur 7 hari).

Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa racun yang terkandung dalam bungkil biji jarak sangat mempengaruhi pertumbuhan ayam broiler, dimulai dari konsumsi ransum yang menurun. Semakin tinggi bungkil biji jarak yang diberikan dalam ransum, konsumsi ransum semakin menurun, sebagai akibatnya pertumbuhan semakin terhambat. Leeson dan Summers (2001) melaporkan bahwa pengaruh racun biji jarak pada ayam terjadi pada pemberian 2 dan 4% tepung biji jarak selama 3 minggu (0-3 minggu). Perlakuan tersebut memperlihatkan pengaruh yang

sangat dramatis terhadap pertumbuhan, yaitu rataan bobot badan pada umur 21 hari adalah 677, 240 dan 148 g/ekor untuk masing-masing perlakuan 0, 3 dan 4% biji jarak dalam ransum.

Konsumsi curcin pada minggu awal (umur ayam 0 – 7 hari) adalah 3,58 mg/ekor (R1), 5,22 mg/ekor (R2) dan 4,84 mg/ekor (R3). Jika dilihat dari konsumsi curcin, tampaknya curcin bukan satu-satunya penyebab utama menurunnya pertumbuhan, karena konsumsi curcin pada perlakuan R3 lebih kecil dibandingkan konsumsi curcin pada perlakuan R2, tetapi perlakuan R3 menghasilkan pertumbuhan yang sangat nyata paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Dari hasil ini diduga bahwa penyebab utama menurunnya konsumsi ransum dan terhambatnya pertumbuhan ayam adalah racun *phorbol ester*. Dalam penelitian ini, konsentrasi *phorbol ester* tidak dianalisa karena keterbatasan bahan-bahan kimia untuk analisis racun tersebut, tapi menurut Makkar *et al.* (1998) bahwa biji jarak pagar yang berasal dari Afrika (Cape Verde) adalah 2,7 mg/g biji. Makkar *et al.* (1998) menyatakan bahwa biji jarak yang mengandung phorbol ester tinggi jika dikonsumsi oleh manusia menyebabkan diare, pusing, mual, sehingga biji jarak tersebut dihindari untuk dikonsumsi. Hasil penelitian Makkar *et al.* (1998) menunjukkan bahwa penerimaan biji jarak pagar sebagai pakan maupun makanan dipengaruhi oleh kandungan *phorbol ester*. Semakin tinggi kandungan *phorbol ester*, maka semakin rendah tingkat penerimaan biji jarak pagar tersebut. Menurut Makkar *et al.* (1997), *phorbol ester* bertanggung jawab terhadap pengaruh purgatif (pencahar perut) dan iritasi kulit.

Tabel 5. Rataan konsumsi ransum, penambahan bobot badan dan bobot badan akhir ayam broiler penelitian

Peubah	Umur (hari)	R0	R1	R2	R3
Konsumsi ransum (g/ekor)	0 – 7	221,7 <sup>a</sup> ± 28,2	80,0 <sup>b</sup> ± 16,9	58,2 <sup>b</sup> ± 15,4	21,9 <sup>c</sup> ± 4,1
	7 – 13	366,4 ± 51,0	112,5 ± 36,2	74,4 ± 43,4	*
	13 – 22	643,1 ± 30,2	167,2 ± 92,0	*	*
	22 – 28	583,8 ± 35,7	*	*	*
Pertambahan bobot badan (g/ekor)	0 – 7	66,3 <sup>a</sup> ± 9,3	29,0 <sup>b</sup> ± 4,0	20,5 <sup>b</sup> ± 4,6	10,0 <sup>c</sup> ± 4,0
	7 – 13	130,4 ± 15,0	24,2 ± 2,9	7,1 ± 8,5	*
	13 – 22	309,1 ± 18,7	22,9 ± 15,1	*	*
	22 – 28	287,6 ± 14,5	*	*	*
Bobot badan akhir (g/ekor)	7	108,4 ± 9,5			13,3 ± 2,7
	13	266,3 ± 36,0		67,8 ± 7,5	
	22	505,3 ± 48,4	111,0 ± 55,5		
	28	841,5 ± 63,4			

<sup>a,b,c</sup> Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

\* Ayam sudah mati semua.

### Mortalitas

Pengaruh pemberian bungkil biji jarak dalam ransum terhadap mortalitas ayam broiler dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari data Tabel 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi penggunaan bungkil biji jarak pagar dalam ransum ayam broiler, terjadinya kematian ayam semakin cepat. Pada perlakuan pemberian bungkil biji jarak 5% (R1), tingkat kematian 100% terjadi pada umur 22 hari, pada penggunaan 10% bungkil biji jarak (R2) tingkat kematian 100% terjadi pada umur 13 hari dan pada pemberian 15% bungkil biji jarak terjadi tingkat kematian 100% pada umur 7 hari. Penyebab utama kematian ini diduga karena phorbol ester yang terkandung dalam bungkil biji jarak masih tinggi. Menurut Makkar *et al.* (1997), toksisitas dari biji jarak pagar disebabkan oleh *phorbol ester*. Keberadaan lectin (curcin), inhibitor tripsin dan fitat hanya menghambat pertumbuhan, tetapi tidak menyebabkan kematian yang cepat.

### Histopatologi hati dan ginjal

Pengaruh pemberian bungkil biji jarak dalam ransum terhadap kerusakan hati dan ginjal dapat dilihat pada Tabel 7. Gambaran histopatologi hati dan ginjal berdasarkan skoring dapat dilihat pada Tabel 8.

Pemberian ransum kontrol (tanpa bungkil biji jarak) tidak menyebabkan kerusakan pada jaringan hati maupun ginjal. Akan tetapi pemberian bungkil biji jarak dari mulai

5% sampai dengan 15% (R1, R2, R3) menyebabkan kerusakan jaringan hati maupun ginjal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hati tidak mampu mendetoksifikasi racun bungkil biji jarak yang dikonsumsi oleh ayam. Semakin tinggi pemberian bungkil biji jarak, kerusakan hati dan ginjal cenderung semakin parah. Pada hasil pengamatan mikroskopis, pada jaringan hati dan ginjal terdapat kelainan, yaitu terjadi nekrosis pada sel parenkim serta perlemakan yang tidak normal pada sel hepatosit dan tubuli. Hal ini menunjukkan bahwa racun *phorbol ester* sangat merusak dan tidak dapat didegradasi oleh hati maupun ginjal. Menurut Asaoka *et al.* (1992) dalam Rug *et al.* (2006), *phorbol ester* bersifat stabil dan tidak mudah didegradasi secara cepat setelah menstimulasi protein kinase C (PKC), kondisi ini menyebabkan respon fisiologis jangka panjang seperti proliferasi dan diferensiasi sel yang tidak terkontrol.

Pengamatan secara makroskopis pada ayam yang mengalami kematian akibat pemberian bungkil biji jarak adalah sebagai berikut: pada awalnya ayam mengalami diare, bagian kaki berwarna kemerahan dan sayap terkulai, kemudian ayam stres dan napsu makan menurun. Setelah beberapa hari, ayam mengalami kelumpuhan, kemudian terjadi gangguan pernafasan (kejang-kejang) dan beberapa saat kemudian ayam mati. Hal ini sama dengan yang dilaporkan Refai *et al.* (1993), bahwa efek yang ditimbulkan pada

Tabel 6. Angka mortalitas ayam broiler penelitian

Umur (hari)	R0	R1	R2	R3
0 - 7	0	4	14	24
7 - 13	0	6	10	*
13 - 22	0	10	*	*
22 - 28	0	*	*	*
Jumlah (ekor)	0	20**	24	24
%	0	100	100	100

\* = ayam sudah mati semua; \*\* = 4 ekor ayam hilang pada awal penelitian.

Tabel 7. Hasil skoring histopatologi hati dan ginjal ayam broiler penelitian<sup>1)</sup>

Organ	Perlakuan	Umur ayam (hari)				
		2	7	13	22	28
Hati	R0	-	-	-	-	0
	R1	-	-	2	2	*
	R2	2	3	2	*	*
	R3	3	3	*	*	*
Ginjal	R0	-	-	-	-	0
	R1	-	-	3	3	*
	R2	2	2	3	*	*
	R3	3	3	*	*	*

<sup>1)</sup> Berdasarkan hari kematian; - = Tidak ada kematian pada hari tersebut; \* = ayam sudah mati semua.

Tabel 8. Gambaran histopatologi hati dan ginjal berdasarkan skoring

Skor	Hati	Ginjal
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sel hepatosit tersusun radier terhadap vena sentralis</li> <li>- tidak ada kongesti</li> <li>- tidak ada oedema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tidak ada kongesti</li> <li>- tidak ada oedema</li> <li>- tidak ada pendarahan</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kongesti ringan di beberapa tempat</li> <li>- dilatasi ringan pada vena sentralis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dilatasi ringan pada tubuli</li> <li>- kongesti ringan di beberapa tempat</li> <li>- oedema ringan pada tubuli ginjal</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- degenerasi berbutir pada sel hepatosit</li> <li>- kongesti mulai meluas</li> <li>- oedema</li> <li>- pendarahan pada sinusoid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- degenerasi berbutir dan lemak ringan pada tubuli</li> <li>- kongesti, oedema</li> <li>- pendarahan mulai meluas</li> <li>- dilatasi pada tubuli ginjal</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- degenerasi berbutir dan lemak pada sel hepatosit</li> <li>- kongesti meluas</li> <li>- oedema sinusoid</li> <li>- pendarahan meluas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- degenerasi berbutir dan lemak meluas pada tubuli</li> <li>- oedema</li> <li>- pendarahan meluas</li> <li>- dilatasi pada tubuli ginjal</li> </ul>

hewan yang mengalami keracunan (toksik) adalah: mula-mula hewan terlihat pucat, sayap terkulai, kaki berwarna merah kehijauan, lumpuh, kejang-kejang dan akhirnya mati.

### Kesimpulan

Pemberian bungkil biji jarak dalam ransum menyebabkan terhambatnya pertumbuhan, kematian yang cepat dan kerusakan jaringan hati dan ginjal ayam broiler. Perlu dilakukan detoksifikasi bungkil biji jarak supaya dapat dijadikan pakan ternak.

### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Program DUE-Like IPB tahun anggaran 2006 yang telah memberikan dana untuk penelitian ini.

### Daftar Pustaka

Adolf, W., H.J. Opferkuch, and E. Hecker. 1984. Irritant phorbol derivatives from four *Jatropha* species. *Phytochem.* 23 (1): 129-132.

Aregheore, E.M., H.P.S. Makkar, and 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: 349-352.

Aregheore, E.M., K. Becker, and H.P.S. Makkar. 2003. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. *S. Pac. J. Nat. Sci.* 21: 50-56.

Heller, J. 1996. *Physic nut. Jatropha curcas* Linn., promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops I. Institute of Plant Genetics and Crops Plant Research, Gatersleben International Plant Genetics Research Institute, Rome.

Leeson S. and J.D. Summers. 2001. *Nutrition of the Chicken.* 4<sup>th</sup> Ed. University Book. Guelph, Ontario.

Makkar, H.P.S. and K. Becker. 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: Gubitz, G.M. M., Mittelbach and M. Trabi: *Biofuel and Industrial Product from Jatropha curcas.* DBV-Verlag, Graz.

Makkar, H.P.S., K. Becker, F. Sporer, and M. Wink. 1997. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3152-3157.

Makkar, H.P.S., A.O. Aderibigbe, K. Becker. 1998. Comparative evaluation of a non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chem.* 62: 207-215.

- NRC. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 9<sup>th</sup> Ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- Refai, M.K., M.E. Hatem, E. Sharaby, and M.M. Saad. 1993. Detection and estimation of aflatoxin using both chemical and biological techniques. *Mycotoxin Research*. Vol. 9. 47p
- Rug, M., F. Sporer, M.Wink, S.Y. Liu, R. Henning, and A. Ruppel. 2006. Molluscicidal properties of *Jatropha curcas* against vector snails of the human parasites *Schistosoma mansoni* and *S. japonicum*. <http://jatropha.org/rug1-nic.htm> [11.02.2006].
- Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie. 1995. Prinsip dan Prosedur Statistika-Suatu Pendekatan Biometrik. Bambang Sumantri (Penerjemah). P.T. Gramedia. Jakarta.
- Wink, M. 1993. Forschungs berich zum project, nutzung pfalnzlichner ole als kraftstoffe consultan's report prepared for GTZ, Germany.