

Residu Aflatoksin dan Metabolitnya pada Berbagai Produk Pangan Asal Hewan dan Pencegahannya

Raphaella Widiastuti

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata 30, Bogor 16114
widiastuti_raphaella@yahoo.com

(Diterima 10 September 2014 – Direvisi 21 November 2014 – Disetujui 5 Desember 2014)

ABSTRAK

Aflatoksin (AF) khususnya aflatoksin B1 adalah mikotoksin yang perlu mendapat perhatian. Aflatoksin B1 bila dikonsumsi oleh ternak menjadi residu aflatoksin M1 dan metabolit lainnya pada produk ternak yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Tulisan ini menyajikan informasi mengenai keberadaan residu AF serta metabolitnya pada berbagai pangan asal ternak (susu, daging dan telur) dan pencegahannya. Kajian hasil-hasil penelitian memperlihatkan bahwa residu AF serta metabolitnya ditemukan pada berbagai produk peternakan dan olahannya di berbagai negara, termasuk Indonesia. Oleh karena residu AF bersifat stabil terhadap berbagai metode pengolahan dan penyimpanan, tindakan pencegahan sebelum memasuki rantai pangan sangat dibutuhkan. Regulasi batas maksimum AF pada pakan dan pangan perlu diterapkan guna mencegah bahaya kesehatan lebih lanjut. Penggalan informasi serta monitoring yang ekstensif dari keberadaan residu AF tidak hanya pada susu sapi, tetapi juga pada produk ternak lainnya (kerbau, burung puyuh, kambing dan domba) sangat diperlukan, karena data tersebut belum tersedia di Indonesia.

Kata kunci: Residu, aflatoksin, produk ternak, pencegahan

ABSTRACT

Residue of Aflatoxin and Its Metabolites on Various Animal Products and Its Prevention

Aflatoxins especially aflatoxin B1 are mycotoxins that must be concerned. When consumed by livestock, it becomes aflatoxin M1 and other metabolites in animal products that harmful for public health. This paper provides information of aflatoxins residues and their metabolites in a variety of animal origin food (milk, meat and eggs) and the prevention of their occurrence. Aflatoxin residues were found in a variety of livestock and dairy products in various countries including Indonesia. Due to its stability in any processing or storage methods, preventing aflatoxins enter the food chain is essential. Implementing the regulatory limits for aflatoxins in feed and food should be made to avoid further effect on human health. Information and extensive monitoring of aflatoxins should be carried out not only in milk but also in many different types of animal products (buffalo, quail, sheep and goat), as the data in Indonesia is not yet available.

Key words: Residue, aflatoxins, animal products, prevention

PENDAHULUAN

Aflatoksin (AF) adalah salah satu jenis mikotoksin yang banyak mendapat perhatian sejak ditemukannya senyawa ini pada tahun 1960-an. Secara umum, diketahui bahwa *Aspergillus flavus* hanya menghasilkan AFB1 dan AFB2, sedangkan *A. parasiticus* menghasilkan keempat jenis AF utama (AFB1, AFB2, AFG1 dan AFG2) (Pietri & Piva 2007). Aflatoksin dapat mencemari berbagai komoditas pertanian, terutama jagung yang juga digunakan untuk bahan pakan ternak. Adanya cemaran AF, khususnya AFB1 dalam pakan ternak selain membahayakan kesehatan ternak juga menimbulkan residu aflatoksin beserta metabolitnya seperti aflatoksin M1 (AFM1), aflatoksikol (Ro), aflatoksin Q1 (AFQ1), aflatoksin P1

(AFP1) yang terdeposit pada daging, susu dan telur (Diaz & Murcia 2011).

Keberadaan residu AF pada produk ternak dan produk olahannya perlu mendapat perhatian yang serius karena keberadaannya akan bermuara pada manusia, sebagaimana telah terdeteksinya residu AFM1 pada air susu ibu (ASI) (Ghiasain & Maghsood 2012; Jafarian-Dehkordi & Pourradi 2013) yang dikonsumsi bayi. Residu AFM1 pada susu dan produk susu telah diketahui keberadaannya sejak lama, termasuk di Indonesia (Bahri et al. 1991; Galvano et al. 1996).

Tulisan ini bertujuan untuk memberi informasi mengenai keberadaan residu AF dan metabolitnya pada berbagai produk pangan asal ternak (susu, daging, telur) dan produk olahannya serta upaya pencegahannya.

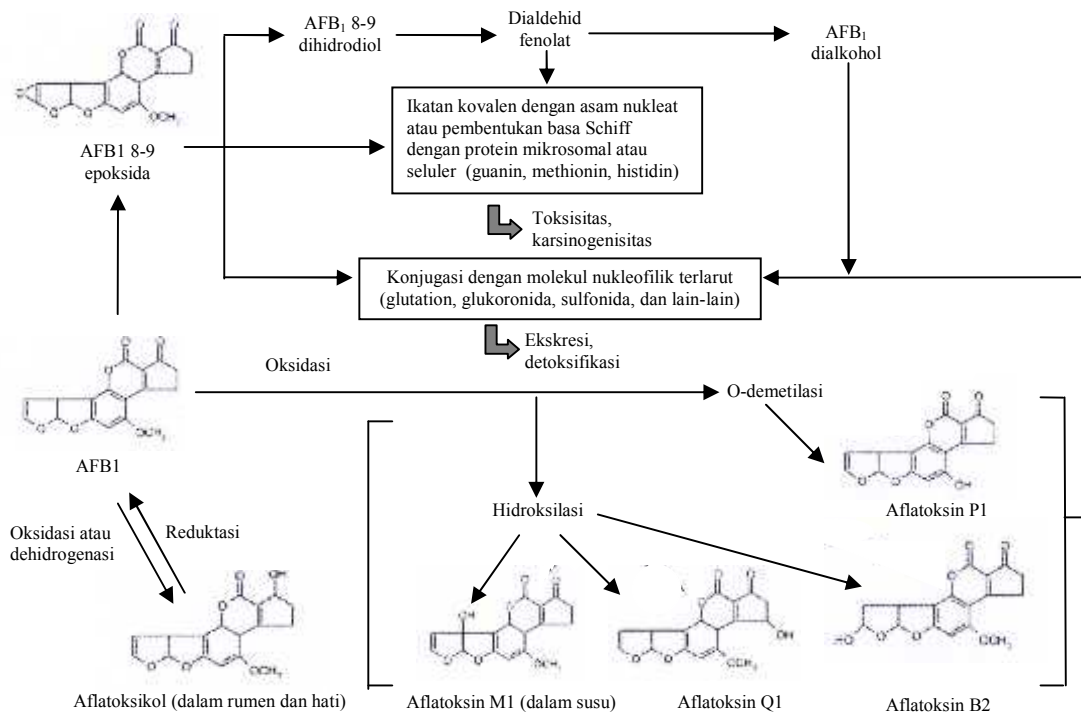
MEKANISME PEMBENTUKAN RESIDU

Aflatoksin B1 yang diserap di saluran cerna dari hewan ternak akan mengalami proses metabolisme dan detoksifikasi di hati oleh sitokrom P-450 setelah diserap dari usus (*digestive tract*), menjadi bentuk yang kurang atau bahkan tidak toksik dibandingkan dengan AFB1 seperti aflatoksin M1 (AFM1), aflatoksin P1, aflatoksin Q1, aflatoksin B2a dan aflatoksikol seperti yang terlihat dalam Gambar 1.

Proses metabolisme aflatoksin melibatkan tiga fasa yaitu (1) Bioaktivasi; (2) Konjugasi; dan (3) Dekonjugasi (Biomim 2009). Pada fasa bioaktivasi, aflatoksin menjadi beberapa metabolit hidroksilasi. Jalur metabolik AFB1 meliputi proses o-demetilasi menjadi AFP1, proses reduksi menjadi aflatoksikol dan proses hidroksilasi menjadi AFB1-8,9 epoksida (bersifat toksik akut, mutagenik dan karsinogenik), AFM1, AFQ1 atau AFB2 (keduanya relatif tidak toksik). Aflatoksin B1-8,9 epoksida bersifat sangat tidak stabil, sehingga beberapa reaksi dapat terjadi bergantung kepada molekul kedua yang ada. Dengan adanya molekul air, AFB1-8,9 epoksida terhidrolisa menjadi aflatoksin B1 1-8,9-dihidrodiol dan menjadi terikat dengan serum protein seperti lisin dan albumin. Mekanisme ini yang menjelaskan efek toksik dari aflatoksin. Pada fasa konjugasi terjadi detoksifikasi dan dihasilkan AFB1-glukuronida dan AFB1-sulfat yang diekskresikan ke urin dan AFB1-glutation yang diekresikan ke empedu.

Toksisitas AFM1 sekitar sepersepuluh dibandingkan dengan AFB1 (CAST 2003), namun tetap memiliki potensi bahaya yang sama terhadap manusia oleh karena memiliki kesamaan struktur kimia maupun aktivitasnya, sehingga *The International Agency for Research on Cancer* pada tahun 2002 mengubah klasifikasi AFM1 dari Grup 2B menjadi Grup 1 (*carcinogenic to humans*) (IARC 2002). Sedangkan aflatoksikol (Ro) memiliki tingkat toksisitas 18 kali lebih rendah dibandingkan dengan AFB1 (Detroy & Hesseltine 1970). Aflatoksikol menjadi penting karena reaksinya dari AFB1 bersifat *reversible* (bolak-balik) dan tidak dapat didetoksifikasi, sehingga memperlihatkan potensi toksisitas dan mutagenik setara dengan AFB1 (Fink-Gremmels 2008; Volkel et al. 2011).

Kemampuan hewan ternak untuk merubah AFB1 yang dikonsumsi menjadi residu AFM1 pada produk ternak yang dihasilkan yang disebut *carry over ratio* (COR) ditentukan oleh dosis asupan AFB1 (Battacone et al. 2003) dan menyebabkan perbedaan dalam menetapkan batas maksimum residu (BMR) pada produk ternak (susu, daging, hati, telur) maupun ambang batas AFB1 yang diperkenankan dalam pakan. Rasio perubahan dari AF yang dimakan menjadi metabolitnya pada organ target (daging, susu dan telur) sangat bervariasi sebagaimana yang terlihat pada Tabel 1. Terlihat bahwa rasio terkecil adalah perubahan menjadi metabolit AFM1 pada susu, yaitu sebesar 75 yang mengartikan bila ternak sapi laktasi



Gambar 1. Metabolisme aflatoksin B1 dalam organ hati

Sumber: Yiannikouris & Jouany (2002)

Tabel 1. Rasio konsentrasi aflatoksin dalam pakan dan residu yang terbentuk dalam jaringan

Jenis hewan	Jaringan	Jenis aflatoksin	Rasio AFB1 (pada pakan dan residu AF pada jaringan)	Sumber
Sapi perah	Susu	M1	75	Kuiper-Goodman (1991)
Ayam petelur	Telur	B1	5.000	Oliveira et al. (2000)
	Putih telur	B1	4.761	Bintvihok et al. (2002)
	Kuning telur	B1	3.846	Bintvihok et al. (2002)
Itik petelur	Hati	B1	5.769	Bintvihok et al. (2002)
Burung puyuh	Hati	B1	272	Magnoli et al. (2013)
	Telur	Aflatoksikol	555-1.818	Oliveira et al. (2006)

mengonsumsi AFB1 dengan konsentrasi 20 µg/kg (20.000 ng/kg), maka akan dihasilkan metabolit AFM1 sebesar 0,3 µg/L (300 ng/L) di susu.

Adapun rumus penghitungan COR yang diadopsi oleh Agus et al. (2013) adalah sebagai berikut:

$$\text{COR} = \frac{\text{AFM1 (ng/kg)} \times \text{produksi susu (kg/sapi/hari)}}{\text{Asupan AFB1 (ng/sapi/hari)}} \times 100\%$$

Atau sebaliknya, bila ingin memprediksi besaran kandungan AFB1 yang dikonsumsi oleh ternak berdasarkan temuan kadar AFM1, maka dapat dihitung berdasarkan rumus yang diadopsi Škrbić et al. (2014):

$$\text{AFB1 (}\mu\text{g/kg)} = [\text{AFM1 (ng/kg)} \times 100] / 1,6 \times 1.000$$

Konversi dari AFB1 pada pakan menjadi AFM1 bervariasi tergantung kepada jenis hewan, waktu perah serta masa laktasi (Martins & Martins 2004). Britzi et al. (2013) di Israel menunjukkan bahwa konversi perubahan adalah 2,5% untuk sapi yang menghasilkan sedikit susu (<35 kg/hari) dan 5,4% untuk hewan yang menghasilkan banyak susu (>35 kg/hari). Sumantri et al. (2012) di Indonesia mendapatkan COR pada sapi peranakan Friesian Holstein (FH) adalah 0,1%. Hasil tersebut mendekati hasil pengamatan Bahri et al. (1994) (tidak memperhitungkan produksi susu) yang mendapatkan nilai COR sebesar 0,14 hingga 0,73% pada pengamatan 12 minggu, 12 ekor sapi laktasi di peternakan rakyat di Bogor, Jawa Barat.

Perbedaan nilai COR dapat menyebabkan perbedaan dalam menetapkan batas maksimum residu (BMR) AFM1 maupun ambang batas AFB1 yang diijinkan berada dalam pakan ternak. Batas maksimum residu yang ketat sebesar 50 ng/L atau ng/kg telah diberlakukan oleh negara-negara Uni Eropa dan beberapa negara di Afrika, Asia dan Amerika Latin, bahkan kurang (20 hingga 25 ng/L) terutama untuk produk pangan berbasis susu yang diperuntukkan bagi bayi (EU 2006). Tabel 2 memuat beberapa BMR AFM1 yang ditetapkan di berbagai negara. Pemerintah Indonesia tahun 2009 melalui SNI 7385-2009 dan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia No. HK.00.06.1.52.4011 telah

menetapkan batas maksimum kandungan AFM1 pada susu dan produk olahan susu sebesar 500 ng/L atau 0,5 ppb (BPOM 2009; BSN 2009a).

Tabel 2. Batas maksimum residu AFM1 pada susu dan produk susu di berbagai negara

Negara	AFM1 (ng/L atau ng/kg)	Jenis susu/produk susu
Uni Eropa	50	Susu
Austria	50	Susu
Jerman	50	Susu
Belanda	20	Mentega (<i>butter</i>)
Swiss	50	Susu dan produk susu
	250	Keju
Belgia	50	Susu
Perancis	30	Susu untuk anak
	50	Susu
Turki	50	Susu dan produk susu
	250	Keju
Iran	50	Susu (segar, pasteurisasi dan UHT)
	200	Keju
AS	500	Susu
Brasilia	500	Susu
Argentina	50	Susu
Australia	20	Susu untuk anak

Sumber: Mohammadi (2011)

Food and drug administration (FDA) di Amerika merekomendasikan batas maksimum AFB1 untuk pakan sapi penghasil susu adalah 20 µg/kg (FAO 2004) dengan asumsi transfer rata-rata 66:1 akan terbentuk residu AFM1 sebesar 0,3 µg/L (300 ng/L) yang berarti akan menghasilkan produk susu dengan AFM1 di bawah BMR yang ditentukan yaitu sebesar 500 ng/L, dan untuk mendapatkan susu yang bebas terhadap residu AFM1 membutuhkan waktu dua hingga tiga hari setelah pakan diganti dengan pakan yang bebas dari AFB1. Pemerintah Indonesia merekomendasikan batas

maksimum AFB1 dalam pakan sapi laktasi adalah sebesar 200 µg/kg (BSN 2009b). Batasan ini perlu ditinjau ulang karena dengan batas toleransi yang lebih ketat dari negara-negara lain, ada kemungkinan susu yang dihasilkan di Indonesia tidak memenuhi persyaratan internasional.

RESIDU AFLATOKSIN PADA SUSU DAN PRODUK SUSU

Susu adalah sumber protein hewani yang memiliki nilai nutrisi yang spesifik, yang sangat diperlukan terutama bayi dan anak-anak. Namun, keberadaan residu AFM1 dalam susu dan produk susu lainnya dapat menjadi ancaman bagi kesehatan mereka yang rentan terinfeksi penyakit dan menyebabkan berat badan yang rendah. Bahkan sumber kontaminan AFM1 lainnya yang tidak kalah buruknya adalah berasal dari air susu ibu (ASI) (Ghiasain & Maghsood 2012).

Evaluasi terhadap dampak mengkonsumsi AFM1 dan terjadinya kanker hati menunjukkan bahwa resiko terbesar diperoleh anak perempuan usia enam hingga sembilan tahun (12,2 kasus per sejuta), sedangkan resiko terendah adalah pada laki-laki usia 45 hingga 64 tahun (3,45 kasus per sejuta) dan yang paling sedikit mengkonsumsi susu (Peng & Chen 2009). Asupan AFM1 dari susu per hari per orang adalah 0,0001 µg (Afrika), 0,012 µg (Timur Jauh), 0,0007 µg (Timur Tengah), 0,0035 µg (Amerika Latin) dan 0,0068 µg (Eropa) (Creppy 2002).

Tabel 3 memperlihatkan keberadaan cemaran AFM1 pada berbagai jenis susu sapi (segar, bubuk, pasteurisasi, *ultra high temperature* (UHT)) dan produk olahan berbasis susu sapi (keju, yoghurt, es krim) di berbagai negara termasuk Indonesia. Demikian pula dengan temuan residu AFM1 pada jenis ternak lain (domba, kerbau, unta) dan didapatkan lebih dari 50% dari sampel-sampel tersebut terkontaminasi oleh AFM.

Penelitian keberadaan AFM1 dalam susu di Indonesia sudah dimulai di era 1990 (Bahri et al. 1991; 1994), namun hingga saat ini masih terbatas pada susu segar. Penelitian Bahri et al. (1991) menunjukkan 73 dari 97 (75%) sampel yang dideteksi, positif mengandung AFM1 dengan kadar yang bervariasi dari 0,04-5,91 ng/L dan 18% (13 dari 73) sampel yang positif mempunyai kadar di atas 0,5 ng/L. Sedangkan pada penelitian Bahri et al. (1994) yang melakukan pengamatan selama empat minggu pada 12 sapi laktasi, ditemukan kadar residu AFM1 pada kisaran 0,04-0,18 ng/L dan berkorelasi dengan asupan AFB1 pada kisaran 6,4-48,0 ng/kg dari pakan konsentrat yang digunakan. Penelitian Widiastuti et al. (2006) di Jawa Barat mendapatkan 78,38% dari 37 sampel positif AFM1 pada kisaran 0,001 hingga 1,200 µg/L, sedangkan penelitian Nuryono et al. (2009) di

Yogyakarta mendapatkan keseluruhan (100%) dari 113 sampel yang diuji, positif AFM1 dengan perincian 57,5% mengandung AFM1 pada kisaran 5-25 ng/L dan 42,5% pada kisaran <5 ng/L. Penelitian Sumantri et al. (2012) pada empat ekor sapi FH *postpartum* selama 12-14 minggu memperlihatkan bahwa residu AFM1 terbentuk di susu pada perahan pertama atau 10 jam setelah hewan mengkonsumsi AFB1 pada kisaran 8,8 hingga 58,6 ng/L.

Keberadaan residu AFM1 pada susu bubuk, susu pasteurisasi, susu UHT yang beredar di Indonesia ataupun produk susu olahan asli Indonesia seperti dadih susu kerbau (Sumatera Barat), dangke susu sapi dan kerbau (Sulawesi Selatan), sejauh ini belum ada laporannya. Hal ini sangat berbeda bila dibandingkan dengan di Iran yang juga termasuk kawasan Asia yang sangat intensif melakukan penelitian residu AFM1 pada berbagai jenis susu dan produk susu (Darsanaki et al. 2013).

Selain dipengaruhi oleh asupan AFB1 dalam pakan ternak, beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberadaan residu AFM1 berkaitan erat dengan cuaca serta teknik pemrosesan (Garrido et al. 2003), maupun kondisi penyimpanan. Pada musim dingin, tingkat kontaminasi AFM1 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan musim lainnya yang disebabkan oleh terbatasnya jenis hijauan, sehingga ternak umumnya diberi pakan yang mudah terkontaminasi AF seperti jagung, biji kapas dan silase yang disimpan dalam waktu cukup lama (Xiong et al. 2013), sebaliknya pada musim banyak hijauan dan lebih sedikit digunakannya konsentrat, maka residu AFM1 yang ditemukan juga rendah (Galvano et al. 1996). Keberadaan bakteri *Lactobacillus* pada susu sapi maupun kerbau yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis susu kambing (Aziz et al. 2009) menyebabkan adanya perbedaan kadar residu AFM1 pada masing-masing jenis susu, yang mana bakteri tersebut memiliki kemampuan dalam mengikat AFM1 dan menyebabkan proses dekontaminasi residu AF pada susu yang dihasilkannya (Pierides et al. 2000; Peltonen et al. 2001).

Stabilitas AFM1 dalam susu

Aflatoksin M1 merupakan senyawa yang stabil terhadap proses pasteurisasi (63°C selama 30 menit) dan penyimpanan (4°C selama 17 hari) (Stoloff et al. 1975). Berbagai proses pengolahan susu seperti pembuatan keju dan yoghurt serta penyimpanannya selama 28 hari pada suhu 7,7-9,5°C di kulkas, tidak memperlihatkan perubahan yang signifikan terhadap konsentrasi AFM1 pada susu maupun produk olahannya, karena kadar AFM1 hanya turun 3,2% pada pembuatan keju dan turun 6% pada pembuatan yoghurt (pH 4,4) (Iha et al. 2013).

Tabel 3. Kandungan residu AFM1 pada susu sapi dan produk susu sapi serta jenis susu ternak lain di berbagai negara

Lokasi penelitian	Jenis susu atau produk susu	Jumlah positif/ jumlah total	Kisaran atau rata-rata konsentrasi (ng/L atau ng/kg)	Sumber
Sapi				
Turki	Susu untuk bayi	1/34	6,1	Er et al. (2014)
Brasilia	Susu UHT	13/17	8-215	Iha et al. (2013)
	Susu bubuk	12/12	20-760	
	Susu pasteurisasi	26/30	9-437	
Kolumbia	Susu segar	179/241	11-289	Diaz & Espitia (2006)
Turki	Yoghurt	68/104	1-100	Akkaya et al. (2006)
Spanyol	Susu segar	68/72	9,69	Cano-Sancho et al. (2010)
Perancis	Susu segar	3/264	<50	Boudra et al. (2007)
Italia	Susu segar	35/73	<5,0-16,0	Santini et al. (2013)
Pakistan	Susu segar	68/84	0,69-100,04	Muhammad et al. (2010)
Taiwan	Susu lokal dan impor	144/144	1,17-54,7	Peng & Chen (2009)
Iran	Susu UHT	116/210	8-249	Heshmati & Milani (2010)
Iran	Es krim	10/45	1,2-103	Khoshnevis et al. (2012)
Jepang	Susu pasteurisasi	207/208	1-29	Nakajima et al. (2004)
Indonesia	Susu segar	29/37	1-1.200	Widiastuti et al. (2006)
India	Susu untuk bayi	18/18	501-713	Kanungo & Bhand (2013)
	Susu cair	54/54	511-809	
Srilanka	Susu segar	29/87	13,1-84,5	Pathirana et al. (2010)
Sudan	Susu segar	42/44	220-6.900	Elzupir & Elhussein (2010)
Saudi Arabia	Keju putih	75/124	1-250	Ashraf (2012)
	Keju krim	28/61	1-250	
Thailand	Susu pasteurisasi	120/120	4-293	Suriyasathaporn & Nakprasert (2012)
Cina	Susu segar	43/72	10-420	Xiong et al. (2013)
Korea	Susu pasteurisasi	21/42	5-90	Hwang et al. (2012)
Ruminansia lain				
Turki	Susu domba	70/110	5,16-116,78	Özdemir (2007)
Iran	Susu kerbau	46/60	13-423	Kamkar et al. (2014)
Saudi Arabia	Susu unta	100/117	2,5-398,6	Yosef et al. (2014)
Italia	Keju susu kambing	12/98	0,05-0,16	Montagna et al. (2008)
	Keju susu kerbau	0/51	Tidak terdeteksi	
	Keju susu domba	2/12	0,05-0,21	
Kroasia	Susu keledai	14/14	2,34-10,4	Bilandzic et al. (2014)
	Susu domba	30/32	2,78-40,8	
	Susu kambing	19/19	2,11-5,87	

Aflatoksin M1 terlarut di fasa cair (*aqueous*) dari susu atau diabsorpsi oleh partikel kasein dan hanya sebagian kecil yang terbawa ke dalam krim ataupun *butter*, sehingga sebagian besar berada di dalam susu, susu skim dan susu mentega (Prandini et al. 2009) sebagaimana yang terlihat pada Tabel 3. Adanya kasein dalam susu diduga merupakan penyebab meningkatnya konsentrasi AFM1 pada pembuatan keju (Brackett & Marth 1982) bahkan hingga 2-3 kali di dadih (*curd*) (Rubio et al. 2011).

Beberapa penelitian memperlihatkan penurunan kadar AFM1 yang terjadi akibat teknik pengolahan seperti pasteurisasi dan pengeringan kering menyebabkan hilangnya AFM1 sebesar masing-masing 16 dan 68%, sementara penyimpanan selama tiga hingga enam bulan hanya menurunkan kadar hingga 4% pada kondisi awal kontaminasi AFM1 1,5 ug/L (Deveci & Sezgin 2006). Demikian pula pembuatan keju Domiati di Mesir dengan pemberian garam sebelum proses *rennet* dan disimpan selama tiga bulan

menurunkan 64% kadar AFM1 (Motawee 2013). Penurunan 40-49% residu AFM1 terjadi akibat penggunaan probiotik yang mengandung *Lactobacillus acidophilus*, *L. bulgaricus*, *Bifidobacterium lactis* dan *Streptococcus thermophilus* dalam yoghurt yang disimpan pada 4°C selama 21 hari (Montaseri et al. 2014).

RESIDU AFLATOKSIN PADA TELUR

Residu AFB1 dan AFM1 juga terdeteksi pada telur, meskipun dengan konsentrasi yang relatif rendah. Aflatoksin B1 mengalami proses biotransformasi di hati dari ayam betina menjadi senyawa hidroksilasi yang toksik yang ditransfer ke dalam telur. Terbentuknya residu aflatoksin dalam telur disebabkan oleh adanya proses transovarial transfer (Zdenek et al. 1986).

Rasio besarnya residu AFB1 yang ditransmisikan pada telur dari ayam yang diberi pakan mengandung 500 µg/kg pakan AFB1 selama delapan minggu adalah 5000:1 atau dalam kisaran konsentrasi 0,05-0,16 µg/kg (Oliveira et al. 2000). Transfer tersebut terjadi sangat singkat dengan konsentrasi yang sama untuk AFB2, AFM1 dan AFM2 pada kuning telur maupun putih telur serta residu tertinggi dicapai dalam waktu 4-5 hari setelah pemberian pakan mengandung AFB1 (Wolzack et al. 1985) dan menghilang tujuh hari kemudian setelah pakan diganti dengan yang bebas aflatoksin (Trucksess et al. 1983).

Pemberian 3 mg/kg AFB1 selama tujuh hari berturut-turut pada ayam petelur menyebabkan terdeteksinya residu AFB1 pada telur dengan COR pada kuning telur adalah 4615:1 (0,021%) dan pada putih telur adalah 3846:1 (0,026%) dan rasio tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditemukan pada itik maupun burung puyuh (Bintvihok et al. 2002). AFB2a merupakan metabolit dari AFB1 yang kurang toksik dibandingkan AFB1 dan diyakini sebagai rute utama detoksifikasi AFB1.

Pada pemberian 50 dan 200 ng/g AFB1 selama 140 hari pada ayam petelur menyebabkan terdeteksinya residu AFB1 dan metabolit lainnya seperti AFM1, AFB2a dan aflatoksikol pada telur dengan total residu AF sebesar 0,39 hingga 1,07 ng/g (Oliveira et al. 2006). Aly & Anwer (2009) melaporkan adanya residu AFB1 dengan kisaran 0,02-0,09 µg/kg pada ayam petelur yang mengkonsumsi 25 hingga 100 µg/kg AFB1 pakan selama dua minggu. Herzallah (2013) mendapatkan residu AFB1 pada telur sebesar 0,66 ppb dari ayam petelur yang diberi pakan yang mengandung 894,12 ppb AFB1 selama lima minggu. Salem et al. (2009) melaporkan 7 dari 50 sampel telur siap konsumsi di Libya mengandung AFB1 dengan konsentrasi rata-rata 0,54 ng/g. Penelitian terbaru yang dilakukan Iqbal et al. (2014) di Pakistan, menunjukkan adanya kontaminasi

AFB1 pada 35% dari 40 telur ayam petelur (konsentrasi rata-rata 2,41 ng/g) dan 20% dari 40 telur ayam Kampung (konsentrasi rata-rata 0,79 ng/kg). Temuan Iqbal et al. (2014) tersebut menunjukkan bahwa rendahnya persentase dan kandungan residu AFB1 pada telur ayam Kampung disebabkan karena ayam jenis ini tidak diberi pakan pabrikan.

Penelitian mengenai stabilitas residu AF dalam telur juga membuktikan bahwa residu AFB1 sangat stabil pada proses perebusan selama 20 menit dan hanya menurunkan sekitar 1% residu AFB1 (Aly & Anwer 2009). Oleh karenanya, untuk mencegah timbulnya residu AFB1 pada telur, perlu diterapkan batas maksimum AFB1 pada pakan ayam petelur sebesar 20 µg/kg dan agar residu AFB dan metabolitnya tidak terdeteksi pada telur, meskipun hingga saat ini belum ada regulasi yang mengatur BMR untuk telur konsumsi (EU 2010). Untuk kepentingan dalam menerapkan validasi metode, maka BMR yang digunakan mengacu pada BMR AFM1 pada susu yaitu 0,5 ng/g (Khalil et al. 2013). Sejauh ini, penelitian mengenai residu aflatoksin pada telur di Indonesia masih sangat terbatas. Maryam et al. (1994) mendapatkan adanya residu AFB1 (0,012-0,061 ng/g), AFM1 (0,101-0,123 ng/g) dan Ro (0,007-0,208 ng/g) pada 87 telur ayam ras dan berkaitan dengan keberadaan kontaminan AFB1 pada pakan yang dianalisis.

RESIDU PADA DAGING DAN ORGAN

Penelitian residu aflatoksin pada daging maupun produk olahan daging tidaklah sebanyak yang didapatkan pada susu. Hasil penelitian di Thailand (Bintvihok 2001) memperlihatkan bahwa pemberian 60 ppb AFB1 pada itik mulai umur 0-21 hari menyebabkan terdeteksinya residu AFB1 dan AFM1 pada itik yang diterminasi umur 30 hari masing-masing di daging 0,037 ng/g dan hati 0,64 ng/g.

Residu AF tertinggi ditemukan di hati dibandingkan pada organ lainnya (Olufunmilayo & Oyefolu 2010; Herzallah 2013) dan terendah di daging (ayam). Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa nilai COR tertinggi sebesar 383 dari residu yang terbentuk di organ hati diperoleh pada burung puyuh pada pemberian 3 ppm AFB1 selama tujuh hari berurut-turut dibandingkan dengan unggas lainnya (ayam petelur, ayam pedaging dan itik petelur) (Bintvihok et al. 2002). Demikian pula residu AFB1 pada daging dan organ ayam (hati) yang sakit (≥ 4 ng/kg) lebih tinggi dibandingkan dengan ayam sehat (≤ 4 ng/kg) (Khan et al. 2013).

Penelitian yang dilakukan pada bulan Maret 2008 di Yordania, menunjukkan bahwa aflatoksin (AFB1, AFB2, AFG1 dan AFG2) terdeteksi pada sampel daging impor pada kisaran konsentrasi 1,10 hingga 8,32 µg/L

dan pada daging segar pada kisaran 0,15 hingga 6,36 µg/L (Herzallah 2009). Penelitian Olufunmilayo & Oyefolu (2010) memperlihatkan residu lebih banyak ditemukan pada daging segar dibandingkan dengan daging yang dikeringkan. Ilie et al. (2007) di Ukraina mendapatkan adanya kontaminasi pada sembilan sampel daging dan hati serta 19 sampel produk olahan babi (*salami, ham*). Penelitian Iqbal et al. (2014) di Pakistan memperlihatkan bahwa pada ayam Kampung hanya organ hati (22% dari 30 sampel) yang mengandung kontaminan AFB1 dengan konsentrasi rata-rata 0,98 ng/kg dan tidak ditemukan pada bagian sayap, daging dada maupun paha, dan berbeda dengan temuan pada ayam pedaging (38% dari 39 sampel) maupun ayam petelur (40% dari 45 sampel) yang diberi pakan pabrikan dan terbukti semua bagian sayap, daging dada serta paha dan hati mengandung kontaminan AFB1 dan organ hati kedua kelompok ayam mengandung kontaminan AFB1 ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan ayam Kampung.

Pada tahun 2004 USDA di Amerika menetapkan ambang batas AFB1 pada daging (segar dan olahan) untuk produk impor dari Vietnam adalah 0,005 mg/kg = 5 ng/kg (USDA FAS 2004). Penelitian mengenai keberadaan residu AF dan metabolitnya pada berbagai jenis daging dan organ hati dari hewan ternak (ayam dan sapi) di Indonesia hingga saat ini juga masih sangat terbatas sebagaimana yang dirangkum pada Tabel 4.

UPAYA PENCEGAHAN

Karena residu AF bersifat stabil terhadap berbagai perlakuan pada proses pemasakan, maka tindakan pencegahan merupakan tindakan yang penting dilakukan untuk mencegah timbulnya residu AF pada produk ternak dan olahannya. Hal ini perlu dilakukan mengingat Indonesia merupakan negara tropis dengan kelembaban dan curah hujan tinggi yang sangat mendukung terbentuknya AF pada pakan terutama yang berbasis jagung dari berbagai lokasi di Indonesia sebagaimana yang disampaikan Bahri et al. (2005) dan Tangendjaja et al. (2008).

Strategi pengendalian dapat dilakukan (1) Secara tidak langsung, yaitu dengan pengendalian infeksi AF

di ladang pertanian, pabrik pakan dan di gudang penyimpanan; dan (2) Secara langsung dengan penggunaan absorben, bahan kimia maupun secara biologik (Hasheminya & Dehghannya 2013). Strategi pencegahan tersebut bertujuan agar aturan batas maksimum AF dapat diterapkan pada pakan dan bahan pakan terutama yang menggunakan pakan berbasis jagung sebelum dikonsumsi hewan ternak. Aturan tersebut tertuang dalam Peraturan Menteri Pertanian No 19/Permentan/OT.140/4/2009 (Mentan 2009) dan dapat dilihat pada Tabel 5.

Pengikat mikotoksin komersial seperti 0,25% Mycofix plus 3.0[®] dalam pakan yang mengandung 2,5 dan 3,5 ppm AFB1 selama 28 hari terbukti dapat menurunkan residu AFM1 yang terbentuk di hati pada konsentrasi 11 dan 16 ppb (<20 ppb) (Gargees & Shareef 2009). Penggunaan Mycotox[®] yang mengandung oksikuinol, diklorotimol dan *micronized yeast* tidak hanya berfungsi mendetoksifikasi mikotoksin, namun juga meningkatkan performans ayam pedaging berupa peningkatan bobot badan, menurunkan mortalitas dan titer *humoral immune* (HI) yang lebih baik (Afzal & Zahid 2004). Terobosan terbaru dengan memvaksinasi sapi laktasi dengan AnAFB1-KLH hasil konjugasi anafatoxin B1 (AnAFB1) yang bersifat antigenik dengan *keyhole limpet hemocyanin* (KLH), dapat menurunkan residu AFM1 yang terbentuk (Polonelli et al. 2011; Giovati et al. 2014).

Biodegradasi aflatoksin juga merupakan salah satu upaya dekontaminasi yang ramah lingkungan dalam mengontrol keberadaan aflatoksin di pangan maupun pakan. Biodegradasi tersebut diantaranya menggunakan bakteri tanah/air (contoh *Flavobacterium aurantiacum* NRRL B-184), fungi (contoh *Aspergillus niger*, *Eurotium herbariorum*, *Rhizopus* sp., *A. flavus* yang nontoksigenik), protozoa (contoh *Tetrahymena pyriformis*), *yeast Saccharomyces cerevisiae*, bakteri *Lactobacillus* serta *Bifidobacterium* ataupun enzim aflatoksin-detoxifzyme (ADTZ) yang diisolasi dari *Armillariella tabescens* (Wu et al. 2009).

Penggunaan bahan alami telah dilakukan di Indonesia untuk menurunkan residu aflatoksin pada produk ternak diantaranya menggunakan bawang putih

Tabel 4. Tingkat residu AFB dan metabolitnya pada sampel daging dan hati sapi serta ayam ras yang diteliti di Indonesia

Jenis sampel dan jumlah sampel	Konsentrasi residu (ng/g)			Sumber
	AFB1	AFM1	Ro	
Daging ayam ras (31)	tt-0,012	0,449-65,461	0,001-2,693	Maryam (1996)
Hati ayam ras (31)	0,001-0,019	0,665-33,665	0,440-10,623	Maryam (1996)
Daging sapi (30)	tt-1,139	tt-0,013	tt	Widiastuti & Firmansyah (1999)
Hati sapi (30)	tt-1,438	tt-0,020	tt	Widiastuti & Firmansyah (1999)

tt: Tidak terdeteksi

Tabel 5. Standar maksimum aflatoksin pada pakan berdasarkan SNI

Jenis komoditi	Aflatoksin maksimum (µg/kg)	Jenis komoditi	Aflatoksin maksimum (µg/kg)
Ayam ras petelur		Babi	
Anak ayam ras petelur	50	Anak babi prasapih/sapihan	50
Ayam ras petelur dara	50	Pembesaran	50
Ayam ras petelur	50	Penggemukan	50
Ayam ras pedaging		Babi bunting	50
Anak ayam ras pedaging	50	Babi menyusui	50
Ayam ras pedaging <i>finisher</i>	50	Pejantan	50
Puyuh petelur		Sapi Perah	200
Anak puyuh	40	Laktasi/laktasi produksi tinggi	200
Puyuh dara	40	Dara	200
Puyuh bertelur	40	Pejantan	200
Itik petelur		Sapi Potong	
Meri	20	Penggemukan	200
Itik dara	20	Induk	200
Itik bertelur	20	Pejantan	200

Sumber: Mentan (2009)

putih (*Allium sativum*) (Maryam et al. 2003). Penambahan 0,08% sambiloto (*Andrographis paniculata*) ke dalam pakan itik yang mengandung 150 ng/kg AFB1 menyebabkan penurunan kadar residu AFB1 dan aflatoksikol yang terbentuk di hati dibandingkan dengan kelompok kontrol (Rachmawati & Hamid 2006). Demikian pula dengan penambahan 1,5 g inokulum *Rhizopus oligosporus* ke dalam pakan yang mengandung 200 ng/kg AFB1 (Kusumaningtyas et al. 2006)

Penelitian terbaru di Indonesia dalam mengendalikan AFB1 telah dilakukan menggunakan ekstrak bertingkat heksana-etil asetat-metanol (HEM) dari tanaman asli Papua yaitu daun rumput kebar (*Biophytum petersianum Klotszch*) pada konsentrasi 20 mg/mL dan terbukti mampu menghambat pertumbuhan *A. flavus* pada media kaya karbohidrat (96,2%), media kaya lemak (100%) dan media kaya protein (96,1%) (Lisangan et al. 2014) serta menghambat pembentukan AFB1 pada media jagung hingga 91,2% (Lisangan 2014). Dengan mengetahui mekanismenya dalam menghambat pembentukan aflatoksin B1, diharapkan tanaman ini dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan terbentuknya residu AF pada berbagai produk ternak.

KESIMPULAN

Residu aflatoksin (AF dan metabolitnya) pada berbagai produk pangan asal ternak (susu, daging dan telur) dan olahannya merupakan hal yang tidak dapat dihindari dan dapat menjadi ancaman bagi kesehatan bagi manusia. Residu AF bersifat stabil terhadap

berbagai metode pengolahan dan penyimpanan. Oleh karena itu, tindakan pencegahan sebelum memasuki rantai pangan sangat dibutuhkan melalui penerapan regulasi batas maksimum AF pada pakan dan pangan guna mencegah bahaya kesehatan lebih lanjut. Penurunan konsentrasi AF residu di produk ternak dapat diupayakan melalui implementasi *good agricultural* dan *storage practices* atau penggunaan bahan pengikat untuk menghambat pertumbuhan kapang dan produksi AF serta penerapan regulasi batas maksimum bagi pakan dan produk ternak (terutama susu) di Indonesia, disamping monitoring yang ekstensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal M, Zahid S. 2004. Effects of addition of a mycotoxin detoxifier in poultry feed containing different levels of aflatoxins on the performance of broilers. *Asian-Aust J Anim Sci.* 17:990-994.
- Agus A, Sumantri I, Murti TW, Boehm J. 2013. Survey on the occurrence of aflatoxin B1 contamination in dairy cattle ration and its carry over onto the milk in Yogyakarta and Central Java Provinces on Indonesia. In: Paper for Presented in ISM-Mycored International Conference Europe. Apulia, 27-31 May 2013. Yogyakarta (Indonesia): Faculty of Animal Science, Gadjah Mada University.
- Akkaya L, Osman Y, Birdane YO, Oguz H, Cemek M. 2006. Occurrence of aflatoxin M1 in yogurt samples from Afyonkarahisar. *Bull Vet Inst Pulawy.* 50:517-519.

- Aly SA, Anwer W. 2009. Effect of naturally contaminated feed with aflatoxins on performance of laying hens and the carry over of aflatoxin B residues in table eggs. *Pakistan J Nutr.* 8:181-186.
- Ashraf MW. 2012. Determination of aflatoxin levels in some dairy food products and dry nuts consumed in Saudi Arabia. *Food Public Health.* 2:39-42.
- Aziz T, Khan H, Bakhtair SM, Naurin M. 2009. Incidence and relative abundance of lactic acid bacteria in raw milk of buffalo, cow and sheep. *J Anim Plant Sci.* 19:168-173.
- Bahri S, Maryam R, Widiastuti R. 2005. Cemaran aflatoksin pada bahan pakan dan pakan di beberapa daerah Provinsi Lampung dan Jawa Timur. *JITV.* 10:236-241.
- Bahri S, Ohim S, Maryam R. 1994. Residu aflatoksin M1 pada air susu sapi dan hubungannya dengan keberadaan aflatoksin B1 pada pakan sapi. Dalam: Sulaeman JR, Wahyuningsh R, Bramono K, Hastiono S, Setiawan ED, penyunting. *Kumpulan Makalah Lengkap Kongres Nasional Perhimpun Mikologi Kedokteran Manusia dan Hewan Indonesia I dan Temu Ilmiah.* Bogor 21-24 Juli 1994. Jakarta (Indonesia): Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. p. 269-275.
- Bahri S, Zahari P, Maryam R, Ginting N. 1991. Residu aflatoksin M1 pada susu sapi asal beberapa daerah di Jawa Barat. *Kumpulan Makalah Kongres Persatuan Dokter Hewan Indonesia XI Yogyakarta, Juli 1991.* Yogyakarta (Indonesia): PDHI.
- Battaccone G, Nudda A, Cannas A, Cappio Borlino A, Bomboi G, Pulina G. 2003. Excretion of aflatoxin M1 in milk of dairy ewes treated with different doses of aflatoxin B1. *J Dairy Sci.* 86:2667-2675.
- Bilandzic N, Bozic D, Dokic M, Sedak M, Kolanovic BS, Varenina I, Cvetnic Z. 2014. Assessment of aflatoxin M1 contamination in the milk of four dairy species in Croatia. *Food Control.* 43:18-21.
- Bintvihok A, Thiengnin S, Kumagai S. 2002. Residues of aflatoxins in the liver, muscle and eggs of domestic fowls. *J Vet Med Sci.* 64:1037-1039.
- Bintvihok A. 2001. Controlling aflatoxin danger to ducks and duck meat. *World Poult.* 17:18-19.
- Biomin. 2009. Mycotoxins affect everyone. Biomin [Internet]. [cited 2014 August 18]. Available from: http://www.mycotoxins.info/myco_info/science.html
- Boudra H, Barnouin J, Dragacci S, Morgavi DP. 2007. Aflatoxin M1 and ochratoxin A in raw bulk milk from French dairy herds. *J Dairy Sci.* 90:3197-3201.
- B POM. 2009. Penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan. No. HK.00.06.1.52.4011. Jakarta (Indonesia): Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Brackett RE, Marth EH. 1982. Association of aflatoxin M1 with casein. *Zeitschrift Leb und-forsch.* 174:439-441.
- Britzi M, Friedman S, Miron J, Solomon R, Cuneah O, Shimshoni JA, Soback S, Ashkenazi R, Armer S, Shlosberg A. 2013. Carry-over of aflatoxin B1 to aflatoxin M1 in high yielding Israeli cows in mid- and late-lactation. *Toxins.* 5:173-183.
- BSN. 2009a. Batas maksimum kandungan mikotoksin dalam pangan. SNI No. 7385:2009. Jakarta (Indonesia): Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2009b. Pakan konsentrat-bagian 1: Sapi perah. SNI No. 3148-1:2009. Jakarta (Indonesia): Badan Standarisasi Nasional.
- Cano-Sancho G, Marin S, Ramos AJ, Peris-Vicente J, Sanchis V. 2010. Occurrence of aflatoxin M1 and exposure assessment in Catalonia (Spain). *Revista Iberoamericana de Micologia: Organo de la Asociacion Espanola de Especialistas en Micologia.* 27:130-135.
- CAST. 2003. Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human systems. Task Force Report No. 139. Iowa (US): Council for Agricultural Science and Technology.
- Creppy EE. 2002. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicol Lett.* 127:19-28.
- Darsanaki RK, Chakoosari MMD, Aliabadi MA. 2013. Aflatoxin M1 contamination in milk and milk products in Iran (review). *J Chem Health Risks.* 3:13-20.
- Detroy R, Hesseltine CW. 1970. Aflatoxicol: structure of a new transformation product of aflatoxin B1. *Can J Biochem.* 48:830-832.
- Deveci O, Sezgin E. 2006. Changes in concentration of aflatoxin M1 during manufacture and storage of skim milk powder. *J Food Prot.* 69:682-685.
- Diaz GJ, Espitia E. 2006. Occurrence of aflatoxin M1 in retail milk samples from Bogotá, Colombia. *Food Addit Contam.* 23:811-815.
- Diaz GJ, Murcia HW. 2011. Biotransformation of aflatoxin B1 and its relationship with the differential toxicological response to aflatoxin in commercial poultry species. In: Guevara-Gonzales RG, editor. *Aflatoxins-Biochem Mol Biol* [Internet]. [cited 2014 August 2014]. Rijeka (Croatia): InTech. p. 3-20. Available from: <http://www.intechopen.com/books/aflatoxins-biochemistry-and-molecular-biology/biotransformation-of-aflatoxin-b1-and-its-relationship-with-the-differential-toxicological-response->
- Elzupir AO, Elhusein AM. 2010. Determination of aflatoxin M1 in dairy cattle milk in Khartoum State, Sudan. *Food Control.* 21:945-946.
- Er B, Demirhan B, Yentür G. 2014. Short communication: Investigation of aflatoxin M1 levels in infant follow-on milks and infant formulas sold in the markets of Ankara, Turkey. *J Dairy Sci.* 97:3328-3331.
- EU. 2006. European Commission Recommendation of 17 August 2006. On the prevention and reduction of

- Fusarium toxins in cereals and cereal products. Official Journal of the European Union. L234:35-40.
- EU. 2010. Regulation (EU) No 165/2010 of 26 February 2010 amending regulation (EC) no 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. Official Journal of the European Union. L50:8-12.
- FAO. 2004. Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003. Food and Nutrition Paper 81. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fink-Gremmels J. 2008. Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: A review. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 25:172-180.
- Galvano F, Galofaro V, Galvano G. 1996. Occurrence and stability of aflatoxin M1 in milk and milk products. A worldwide review. J Food Prot. 59:1079-1090.
- Gargees MT, Shareef AM. 2009. Reducing liver aflatoxin M1 residues in chicks with mycofix plus 3.0 during aflatoxicosis. Iraqi J Vet Sci. 23:37-44.
- Garrido NS, Iha MH, Santos Ortolani MR, Duarte Fávoro RM. 2003. Occurrence of aflatoxins M(1) and M(2) in milk commercialized in Ribeirão Preto-SP, Brazil. Food Addit Contam. 20:70-73.
- Ghiasain SA, Maghsood AH. 2012. Infants' exposure to aflatoxin M1 from mother's breast milk in Iran. Iran J Public Health. 41:119-126.
- Giovati L, Gallo A, Masoero F, Cerioli C, Ciociola T, Conti S, Magliani W, Polonelli L. 2014. Vaccination of heifers with anaflatoxin improves the reduction of aflatoxin B1 carry over in milk of lactating dairy cows. PLoS One. 9:e94440.
- Hasheminya SM, Dehghannya J. 2013. Strategies for decreasing aflatoxin in livestock feed and milk. Int Res J Appl Basic Sci. 4:1506-1510.
- Herzallah SM. 2009. Determination of aflatoxins in eggs, milk, meat and meat products using HPLC fluorescent and UV detectors. Food Chem. 114:1141-1146.
- Herzallah SM. 2013. Aflatoxin residues in eggs and flesh of laying hens fed aflatoxin B1 contaminated diet. Am J Agric Biol Sci. 8:156-161.
- Heshmati A, Milani JM. 2010. Contamination of UHT milk by aflatoxin M1 in Iran. Food Control. 21:19-22.
- Hwang KC, Hwang JY, Kim HW, Oh MH. 2012. Aflatoxin M1 in pasteurized market milk in Korea. Korean J Food Sci Anim Resour. 32:376-378.
- IARC. 2002. Some traditional herbalmedicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. In IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 82. Lyon (France): International Agency for Research on Cancer Scientific Publication.
- Iha MH, Barbosa CB, Okada IA, Trucksess MW. 2013. Aflatoxin M1 in milk and distribution and stability of aflatoxin M1 during production and storage of yoghurt and cheese. Food Control. 29:1-6.
- Ilie L, Savu C, Petcu C, Tudor L, Furnaris F. 2007. Assessment of some mycotoxins in meat and meat products. Lucr Scentifice Med Vet Timisoara. 40:418-421.
- Iqbal SZ, Nisar S, Asi MR, Jinap S. 2014. Natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in chicken meat and eggs. Food Control. 43:98-103.
- Jafarian-Dehkordi A, Pourradi N. 2013. Aflatoxin M1 contamination of human breast milk in Isfahan, Iran. Adv Biomed Res. 2:86.
- Kamkar A, Yazdankhah S, Nafchi AM, Nejad AS. 2014. Aflatoxin M1 in raw cow and buffalo milk in Shush City of Iran. Food Addit Contam Part B, Surveill. 7:21-24.
- Kanungo L, Bhand S. 2013. A survey of Aflatoxin M1 in some commercial milk samples and infant formula milk samples in Goa, India. Food Agric Immunol. 1:1-10.
- Khalil MMH, Gomaa AM, Sebaei AS. 2013. Reliable HPLC determination of aflatoxin M1 in eggs. J Anal Methods Chem. 2013:1-5.
- Khan MZ, Hameed MR, Hussain T, Khan A, Javed I, Ahmad I, Hussain A, Saleemi MK, Islam M. 2013. Aflatoxin residues in tissues of healthy and sick broiler birds at market age in Pakistan: A one year study. Pak Vet J. 33:423-427.
- Khoshnevis SH, Aziz IG, Shateri S, Mousavizadeh M. 2012. Determination of the Aflatoxin M in ice cream in Babol City (Northern, Iran). Global Vet. 8:205-208.
- Kuiper-Goodman T. 1991. Risk assessment to humans of mycotoxins in animal-derived food products. Vet Hum Toxicol. 33:332-333.
- Kusumaningtyas E, Widiastuti R, Maryam R. 2006. Penurunan residu aflatoksin B1 dan M1 pada hati itik dengan pemberian kultur *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus*. Dalam: Mathius IW, Sendow I, Nurhayati, Murdiati TB, Thalib A, Beriajaya, Prasetyo LH, Darmono, Wina E, penyunting. Cakrawala baru IPTEK menunjang revitalisasi peternakan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 5-6 September 2006. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 790-795.
- Lisangan MM, Syarief R, Rahayu WP, Dharmaputra OS. 2014. Antifungal activity of kebar grass leaf extracts on the growth of aflatoxigenic *Aspergillus flavus* food model media. Int J Sci Basic Appl Res. 17:116-128.
- Lisangan MM. 2014. Ekstrak daun rumput kebar (*Biophytum petersianum*) sebagai antikapang *Aspergillus flavus* toksikogen dan antiaflatoksin serta aplikasinya pada

- sistem pangan [Disertasi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Magnoli AP, Chiacchiera SM, Rosa CAR, Dalcero AM, Marin RH. 2013. Aflatoxin B1 residues in liver of Japanese quail (*Coturnix japonica*) exposed to contaminated feed and exogenous corticosterone. *Rev Bras Med Vet.* 35:378-384.
- Martins ML, Martins HM. 2004. Aflatoxin M1 in yoghurts in Portugal. *Int J Food Microbiol.* 91:315-317.
- Maryam R, Bahri S, Zahari P. 1994. Deteksi aflatoksin B1, M1 dan aflatoksikol dalam telur ayam ras dengan kromatografi cair kinerja tinggi. Dalam: Partoutomo S, Ronohardjo P, Bahri S, Sudarisman, Sani Y, penyunting. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Veteriner untuk Meningkatkan Kesehatan Hewan dan Pengamanan Bahan Pangan Asal Ternak.* Bogor, 22-14 Maret 1994. Bogor (Indonesia): Balai Penelitian Penyakit Hewan. p. 412-416.
- Maryam R, Sani Y, Djuariah S, Firmansyah R, Mihardja. 2003. Efektivitas bawang putih (*Allium sativum* Linn) dalam penanggulangan aflatoksikosis pada ayam petelur. Dalam: Mathius IW, Setiadi B, Sinurat AP, Ashari, Darmono, Wiyono A, Purwadaria P, Murdiati TB, penyunting. *IPTEK untuk menyejahterakan petani melalui agribisnis Peternak yang berdaya saing.* *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Bogor 29-30 September 2003. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 454-461.
- Maryam R. 1996. Residu aflatoksin dan metabolitnya dalam daging dan hati ayam. Dalam: Bahri S, Partoutomo S, Darminto, Pasaribu F, Sani Y, penyunting. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Veteriner.* Bogor, 12-13 Maret 1996. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 336-339.
- Mentan. 2009. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 19/Permentan/OT.140/4/2009. tentang Syarat dan Tatacara Pendaftaran Pakan. Jakarta (Indonesia): Kementerian Pertanian.
- Mohammadi H. 2011. A review of aflatoxin M1, milk and milk products. In: Guevara-Gonzalez RG, editor. *Aflatoxins-Biochem Mol Biol* [Internet]. [cited 2014 August 2014]. Rijeka (Croatia). p. 397-414. Available from: <http://www.intechopen.com/books/aflatoxins-biochemistry-and-molecular-biology/a-review-of-aflatoxin-m1-milk-and-milk-products>
- Montagna MT, Napoli C, De Giglio O, Iatta R, Barbuti G. 2008. Occurrence of aflatoxin M(1) in dairy products in southern Italy. *Int J Mol Sci.* 9:2614-2621.
- Montaseri H, Arjmandtalab, Dehghanzadeh, Karami S, Razmjoo MM, Sayadi M, Oryan A. 2014. Effect of production and storage of probiotic yogurt on aflatoxin residue. *J Food Qual Hazard Control.* 1:7-14.
- Motawee MM. 2013. Reduction of aflatoxin M1 content during manufacture and storage of Egyptian Domaiti cheese. *Int J Vet Med Res Reports.* 2013:1-10.
- Muhammad K, Tipu MY, Abbas M, Khan AM, Anjum AA. 2010. Monitoring of aflatoxin M1 in market raw milk in Lahore City, Pakistan. *Pakistan J Zool.* 42:697-700.
- Nakajima M, Tabata S, Akiyama H, Itoh Y, Tanaka T, Sunagawa H, Tyonan T, Yoshizawa T, Kumagai S. 2004. Occurrence of aflatoxin M1 in domestic milk in Japan during the winter season. *Food Addit Contam.* 21:472-478.
- Nuryono N, Agus A, Wedhastri S, Maryudani YB, Sigit Setyabudi FMC, Böhm J, Razzazi-Fazeli E. 2009. A limited survey of aflatoxin M1 in milk from Indonesia by ELISA. *Food Control.* 20:721-724.
- Oliveira CA, Kobashigawa E, Reis TA, Mestieri L, Albuquerque R, Corrêa B. 2000. Aflatoxin B1 residues in eggs of laying hens fed a diet containing different levels of the mycotoxin. *Food Addit Contam.* 17:459-462.
- Oliveira CAF, Pedroso DL, Ogido R, Albuquerque R, Correa B. 2006. The Carry-over of aflatoxin B1 and fumonisin B residues from feeds to eggs of laying quails. *Brazilian J Food Technol.* 3:60-64.
- Olufunmilayo GO, Oyefolu AB. 2010. Natural occurrence of aflatoxin residues in fresh and sun-dried meat in Nigeria. *Pan Afr Med J.* 7:14.
- Özdemir M. 2007. Determination of aflatoxin M1 levels in goat milk consumed in Kilis Province. *Ankara Üniversitesi Vet Fakültesi Derg.* 54:99-103.
- Pathirana UPD, Wimalasiri KMS, Silva KFST, Gunarathne SP. 2010. Investigation of farm gate cow milk for aflatoxin M1. *Trop Agric Res.* 21:119-125.
- Peltonen K, el-Nezami H, Haskard C, Ahokas J, Salminen S. 2001. Aflatoxin B1 binding by dairy strains of lactic acid bacteria and bifidobacteria. *J Dairy Sci.* 84:2152-2156.
- Peng K-Y, Chen C-Y. 2009. Prevalence of aflatoxin M1 in milk and its potential liver cancer risk in Taiwan. *J Food Prot.* 72:1025-1029.
- Pierides M, El-Nezami H, Peltonen K, Salminen S, Ahokas J. 2000. Ability of dairy strains of lactic acid bacteria to bind aflatoxin M1 in a food model. *J Food Prot.* 63:645-650.
- Pietri A, Piva G. 2007. Aflatoxins in foods. *Italian J Public Health.* 4:32-38.
- Polonelli L, Giovati L, Magliani W, Conti S, Sforza S, Calabretta A, Casoli C, Ronzi P, Grilli E, Gallo A, et al. 2011. Vaccination of lactating dairy cows for the prevention of aflatoxin B1 carry over in milk. *PLoS One.* 6:e26777.
- Prandini A, Tansini G, Sigolo S, Filippi L, Laporta M, Piva G. 2009. On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food Chem Toxicol.* 47:984-991.
- Rachmawati S, Hamid H. 2006. Pengaruh penggunaan sambiloto (*Andrographis paniculata* Nees) terhadap kandungan residu aflatoksin dalam hati itik dan

- hubungannya dengan aflatoksikosis. Dalam: Mathius IW, Sendow I, Nurhayati, Mudiati TB, Thalib A, Beriajaya, Suparyanto A, Prasetyo LH, Darmono, Wina E, penyunting. Cakrawala baru IPTEK menunjang revitalisasi peternakan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 5-6 September 2006. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 759-765.
- Rubio R, Moya VJ, Berruga MI, Molina MP, Molina A. 2011. Aflatoxin M-1 in the intermediate dairy products from Manchego cheese production: distribution and stability. *Mljekarstvo*. 61:283-290.
- Salem RM, El-Kaseh RM, El-Diasty EM. 2009. A study on the fungal contamination and prevalence of aflatoxins and some antibiotic residues in table eggs. *Arab J Biotech*. 12:65-72.
- Santini A, Raiola A, Ferrantelli V, Giangrosso G, Macaluso A, Bognanno M, Galvano F, Ritiene A. 2013. Aflatoxin M1 in raw, UHT milk and dairy products in Sicily (Italy). *Food Addit Contam Surveill Part B*. 6:181-186.
- Škrbić B, Živančev J, Antić I, Godula M. 2014. Levels of aflatoxin M1 in different types of milk collected in Serbia: Assessment of human and animal exposure. *Food Control*. 40:113-119.
- Stoloff L, Trucksess M, Hardin N, Francis OJ, Hayes JR, Polan CE, Campbell TC. 1975. Stability of aflatoxin M in milk. *J Dairy Sci*. 58:1789-1793.
- Sumantri I, Murti TW, van der Poel AFB, Boehm J, Agus A. 2012. Carry-over of AFB1-feed into AFM1-milk in dairy cows treated with natural sources of aflatoxin and bentonite. *J Indonesia Trop Anim Agric*. 37:271-277.
- Suriyasathaporn W, Nakprasert W. 2012. Seasonal patterns of aflatoxin M1 contamination in commercial pasteurised milk from different areas in Thailand. *Food Addit Contam Surveill Part B*. 5:145-149.
- Tangendjaja B, Rachmawati S, Wina E. 2008. Mycotoxin contamination on corn used by feed mills in Indonesia. *Indonesia J Agric Sci*. 2:68-76.
- Trucksess MW, Stoloff L, Young K, Wyatt RD, Miller BL. 1983. Aflatoxicol and aflatoxins B1 and M1 in eggs and tissues of laying hens consuming aflatoxin-contaminated feed. *Poult Sci*. 62:2176-2182.
- USDA FAS. 2004. Food and agricultural import regulations and standards: Meat (fresh and processed) standards for Vietnam. GAIN Report Number: VM4014. Dated: 3/22/2004. Washington DC (US): USDA FAS.
- Volkel I, Merker ES, Czerny CP. 2011. The carry-over of mycotoxins in products of animal origin with special regard to its implications for the European food safety legislation. *Food Nutr Sci*. 2:852-867.
- Widiastuti R, Firmansyah R. 1999. Residu aflatoxin pada daging dan hati sapi di pasar tradisional dan swalayan di Jawa Barat. Dalam: Hastiono S, Haryanto B, Sinurat AP, Utama IK, Soedjana TD, Subandriyo, Ronohardjo P, Partoutomo S, Bahri S, Hardjoutomo S, Supar, penyunting. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 18-19 Oktober 1999. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 609-614.
- Widiastuti R, Maryam R, Bahri S. 2006. Aflatoxin M1 pada susu sapi segar Pangalengan dan Bogor, Jawa Barat. Dalam: Mathius IW, Sendow I, Nurhayati, Mudiati TB, Thalib A, Beriajaya, Suparyanto A, Prasetyo LH, Darmono, Wina E, penyunting. Cakrawala baru IPTEK menunjang revitalisasi peternakan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 5-6 September 2006. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 239-243.
- Wolzak A, Pearson AM, Coleman TH, Pestka JJ, Gray JI. 1985. Aflatoxin deposition and clearance in the eggs of laying hens. *Food Chem Toxicol*. 23:1057-1061.
- Wu Q, Jezkova A, Yuan Z, Pavlikova L, Dohnal V, Kuca K. 2009. Biological degradation of aflatoxins. *Drug Metab Rev*. 41:1-7.
- Xiong JL, Wang YM, Ma MR, Liu JX. 2013. Seasonal variation of aflatoxin M1 in raw milk from the Yangtze River Delta region of China. *Food Control*. 34:703-706.
- Yiannikouris A, Jouany J-P. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: A review. *Anim Res*. 51:81-99.
- Yosef TA, Al-Julaifi MZ, Hussein YA, Al-Shokairm SS, Al-Amer AS. 2014. Occurrence of aflatoxin M1 in raw camel milk in El-Ahsa Governorate, Saudi Arabia. *Nat Sci*. 12:1.
- Zdenek Z, Flukol L, Prosek J, Slamova A, Vopalka J. 1986. B1 aflatoxin (AFB1) transfer from reproductive organs of farm birds into their eggs and hatched young. *Conf Eur d'Aviculture*. 7:618.