

## Kontaminasi Mikotoksin pada Rantai Makanan (Mycotoxin Contamination in the Food Chain)

Eny Martindah<sup>1</sup> dan S Bahri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor  
[emartindah@hotmail.com](mailto:emartindah@hotmail.com)

(Diterima 4 April 2016 – Direvisi 2 September 2016 – Disetujui 5 September 2016)

### ABSTRACT

Mycotoxins contamination in animal feed is harmful to livestock and leads to residues, such as aflatoxin and its metabolites (aflatoxin M1, aflatoxicol, aflatoxin Q1 and aflatoxin P1) which are deposited in meat, milk, and eggs. The existence of mycotoxins has been widespread; and mycotoxin is the most important contaminant in the food chain because it has implications for human health. Mold growth and mycotoxin production mainly depend on the weather, such as warm temperatures (28-31°C) and high humidity (60-90%). Some types of mold can produce more than one type of mycotoxin and some mycotoxins can be produced by more than one species of fungi. Mycotoxins, especially aflatoxin, fumonisin, zearalenone, ochratoxin, deoxynivalenol, and T2 toxin present in feed and feedstuffs that have to be controlled. Mycotoxins are not only harmful to the health of consumers, but will also reduce the quality of the product that is contaminated, and cause economic losses. The risk of mycotoxin contamination in animal feed could be reduced by inhibiting the mould growth and toxin production, through crop rotation, using proper fungicides, and applying regulation of mycotoxins maximum limit in feed and food in order to prevent any danger to public health.

**Key words:** Mycotoxin, food chain, health, animal, human

### ABSTRAK

Cemaran mikotoksin dalam pakan ternak selain membahayakan kesehatan ternak juga menimbulkan residu, misalnya aflatoxin dan metabolitnya (aflatoxin M1, aflatoxicol, aflatoxin Q1 dan aflatoxin P1) dapat terdeposit pada daging, susu dan telur. Keberadaan mikotoksin telah meluas; dan mikotoksin merupakan kontaminan yang paling penting pada rantai makanan, karena berimplikasi bagi kesehatan manusia. Pertumbuhan kapang dan produksi mikotoksin terutama disebabkan oleh kondisi cuaca, seperti suhu yang hangat (28-31°C) dan kelembaban tinggi (60-90%). Beberapa jenis kapang dapat memproduksi lebih dari satu jenis mikotoksin dan beberapa mikotoksin diproduksi oleh lebih dari satu spesies kapang. Kandungan mikotoksin, khususnya aflatoxin, fumonisin, zearalenon, okratoksin, deoksinivalenol dan toksin T2 terdapat pada komoditas bahan pakan dan pakan sehingga perlu mendapat perhatian untuk dikendalikan. Mikotoksin tidak hanya berbahaya bagi kesehatan konsumen, tetapi juga akan menurunkan kualitas produk yang terkontaminasi sehingga menyebabkan kerugian ekonomi yang besar. Risiko kontaminasi mikotoksin pada pakan dapat dikurangi dengan menghambat pertumbuhan jamur dan produksi mikotoksin, rotasi tanaman, penggunaan fungisida dengan tepat dan penerapan regulasi batas maksimum mikotoksin pada pakan dan pangan guna mencegah bahaya lebih lanjut bagi kesehatan masyarakat.

**Kata kunci:** Mikotoksin, rantai makanan, kesehatan, ternak, manusia

### PENDAHULUAN

Mikotoksin adalah metabolit sekunder produk dari kapang berfilamen, dimana dalam beberapa situasi, dapat berkembang pada makanan yang berasal dari tumbuhan maupun dari hewan. *Fusarium* sp, *Aspergillus* sp dan *Penicillium* sp merupakan jenis kapang yang paling umum menghasilkan racun mikotoksin dan sering mencemari makanan manusia dan pakan hewan. Kapang tersebut tumbuh pada bahan pangan atau pakan, baik sebelum dan selama panen atau saat penyimpanan yang tidak tepat (Binder 2007;

Zinedine & Mañes 2009). Kata mikotoksin berasal dari dua kata, *mukes* yang berarti kapang (Yunani) dan *toxicum* yang mengacu pada racun (Latin). Mikotoksin tidak terlihat, tidak berbau dan tidak dapat dideteksi oleh penciuman atau rasa, tetapi dapat mengurangi kinerja produksi ternak secara signifikan (Binder 2007).

Mikotoksin mempengaruhi ekonomi pertanian di berbagai negara, mengganggu perdagangan, menurunkan produksi ternak dan mempengaruhi kesehatan manusia. Di bidang pertanian, ada lima grup mikotoksin penting, yang terdapat di berbagai negara

termasuk Indonesia, yaitu aflatoksin, okratoksin A (OTA), trikotesena (seperti deoksinivalenol (DON) dan T2), zearalenon (ZEA) dan fumonisin (Fardiaz 1996; Binder 2007; Tangendjaja et al. 2008). Beberapa negara telah menetapkan regulasi batas nilai maksimal mikotoksin yang diijinkan ada pada pangan dan/atau pakan, misalnya untuk *The European Union* (European Commission 2002; 2006; 2010). Di Indonesia, regulasi SNI untuk batas maksimum mikotoksin pada pakan juga telah ditetapkan (SNI 2009a; 2009b). Menurut Bennett et al. (2003) beberapa jenis dan tipe mikotoksin adalah sebagai berikut: (1) Aflatoksin, ada empat jenis yang utama, yaitu aflatoksin B1, B2, G1 dan G2, diproduksi oleh kapang *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus*. Selain itu, ada juga aflatoksin M1 dan M2 yang terdapat pada produk susu. Pada saat sapi mengonsumsi pakan yang terkontaminasi aflatoksin, terjadi biotransformasi metabolik aflatoksin B1 menjadi bentuk terhidroksilasi yang disebut aflatoksin M1 dan M2 (Bennett et al. 2003; Skrbi et al. 2014); (2) Okratoksin, termasuk Okratoksin A, B dan C, merupakan metabolit dari *A. ochraceus* sebagai racun yang diproduksi oleh *Aspergillus* sp, okratoksin merupakan racun yang potensial dan penting seperti halnya aflatoksin. Target organ utama dari okratoksin A adalah ginjal dan dikenal sebagai *nephrotoxin* pada semua spesies hewan dan manusia (Creppy 1999); (3) Trikotesena, yang termasuk ke dalam jenis ini: Satratoksin-H, Vomitoksin, deoksinivalenol (DON) dan T-2 mikotoksin. Trikotesena merupakan metabolit sesquiterpenoid yang diproduksi oleh sejumlah genus kapang, termasuk *Fusarium* sp, *Myrothecium* sp, *Phomopsis* sp, *Stachybotrys* sp, *Trichoderma* sp dan *Trichothecium* sp. Trikotesena biasanya ditemukan sebagai kontaminan pada makanan dan pakan, serta apabila dikonsumsi, mikotoksin ini dapat mengakibatkan perdarahan di pencernaan dan muntah, jika terjadi kontak langsung dapat menyebabkan dermatitis (Bennett et al. 2003); (4) Fumonisin, termasuk Fumonisin B1 dan B2. Fumonisin diproduksi oleh spesies *Fusarium*, seperti *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* dan *F. nygamai*. Spesies utama *F. verticillioides* yang tumbuh sebagai endofit jagung pada vegetatif dan jaringan reproduksi, sering tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman. Namun, pada kondisi cuaca yang sesuai, keberadaan serangga dan kapang tertentu, fumonisin dapat berkembang sehingga menyebabkan rusaknya bibit jagung, tangkai dan tongkol busuk (Nelson et al. 1993). *F. verticillioides* hampir selalu ditemukan pada sampel jagung. Meskipun bersifat *phytotoxic*, fumonisin B1 tidak patogen bagi tanaman (Desjardins & Plattner 2000), sedangkan pada hewan fumonisin mengganggu metabolisme *sphingolipid* menyebabkan *leukoencephalomalacia* dan memiliki efek hepatotoksik dan karsinogenik (Dutton 1996). Pada manusia,

fumonisin B1 berkorelasi dengan terjadinya kanker di daerah Transkei (Afrika Selatan), Tiongkok dan Timur Laut Italia (Peraica et al. 1999); dan (5) Zearalenone, merupakan biosintesis *polyketide* *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. equiseti* dan *F. crookwellense*. Semua spesies ini biasa ditemukan sebagai kontaminan pada tanaman sereal (biji-bijian) di seluruh dunia (Hagler et al. 2001). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi zearalenon 1,0 ppm menyebabkan sindrom *hyperestrogenic* pada babi; konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan terganggunya konsepsi, keguguran dan masalah reproduksi pada sapi dan domba (Kurtz & Mirocha 1978; El-Nezami et al. 2002).

Keberadaan mikotoksin telah meluas di semua tingkatan rantai makanan. Apabila dilihat dari sudut keamanan pangan dan implikasinya bagi kesehatan manusia dan ekonomi, maka sejauh ini mikotoksin merupakan kontaminan yang paling penting pada rantai makanan (van de Venter 2000). Tulisan ini bertujuan untuk mengulas keterkaitan kontaminasi mikotoksin pada rantai makanan dan implikasinya bagi kesehatan ternak dan manusia.

#### KEJADIAN MIKOTOKSIKOSIS PADA BAHAN PAKAN DAN PAKAN TERNAK

Masyarakat di seluruh dunia pada umumnya berpendapat bahwa produk alami merupakan produk yang aman untuk dikonsumsi. Namun, kontaminasi pada bahan pangan atau pakan ternak dari biotoksin alami yang dihasilkan oleh mikroba dapat mengakibatkan wabah penyakit. Di antara beberapa mikroba, kapang dianggap penting karena distribusinya yang sangat luas. Kapang dapat menyebar, berkoloni dan dapat menghasilkan mikotoksin baik sebelum panen (di ladang) atau di tahapan pascapanen (penyimpanan, transportasi dan pengolahan). Perlakuan yang buruk pada saat panen, pengeringan, pengemasan, dan penyimpanan, serta kondisi transportasi yang tidak memadai memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan kapang dan meningkatkan risiko dihasilkannya mikotoksin. Koloni kapang mampu menghasilkan racun yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia maupun ternak ketika produk yang dikonsumsi terkontaminasi kapang maupun racun yang dihasilkannya (Bhat et al. 2010). Menurut Bahri (2015) keracunan mikotoksin pada ternak dapat disebabkan oleh dua sumber, yaitu: (1) Kapang yang tumbuh pada hijauan/tanaman, biasanya terjadi saat hewan merumput/mengonsumsi hijauan; (2) Kapang yang tumbuh pada biji-bijian yang digunakan sebagai sumber bahan pakan atau pakan. Bryden (1998) telah mempublikasi berbagai genus kapang penghasil mikotoksin dari berbagai hijauan dan bijian dan gangguan yang ditimbulkannya (Tabel 1). Terlihat jelas

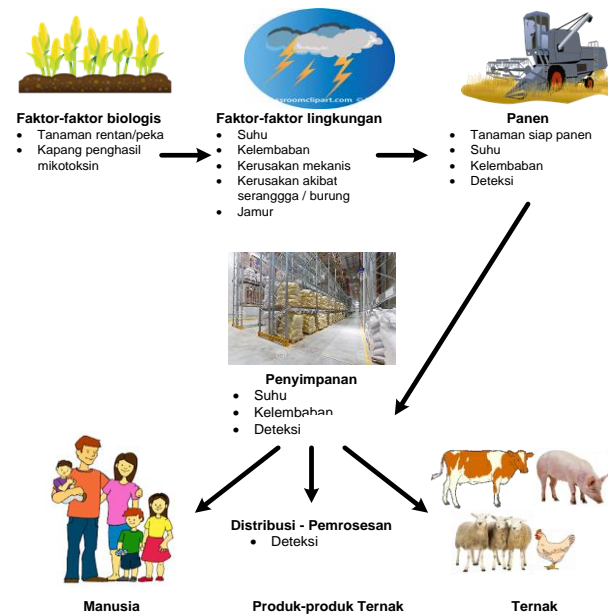
bahwa genus kapang dan mikotoksin yang dihasilkan pada hijauan dan bijinya tidak spesifik, meskipun dari tanaman yang sama, misalnya pencemaran pada berbagai bagian tanaman jagung akan berbeda.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agus et al. (2013), contoh ransum campuran dan konsentrat untuk pakan sapi perah telah tercemar aflatoksin (AFB1) walaupun tidak mematikan ternak sapi. Hal tersebut memberikan dampak *carry over* dari aflatoksin yang akan terbawa ke dalam air susu yang dihasilkan sehingga berpotensi masuk ke dalam tubuh manusia yang mengkonsumsinya. Keberadaan aflatoksin M1 dalam produk makanan (air susu) untuk konsumsi manusia tidak diharapkan dan konsentrasi residu tidak boleh melebihi 0,5 ppb sesuai yang ditetapkan oleh US *Food and Drug Administration* (FDA). Uni Eropa menerapkan peraturan yang jauh lebih ketat, dimana tingkat aflatoksin M1 tidak melebihi 0,05 ppb, sedangkan untuk Indonesia batasnya adalah 1 µg/l atau 1 ppb (SNI 2001).

Tingkat aflatoksin B1 dalam ransum (pakan) sapi perah untuk mengurangi risiko aflatoksin M1 dalam air susu adalah tidak melebihi 20 ppb (Gowda et al. 2013). Studi epidemiologi kontaminasi aflatoksin B1 pada pakan ayam, Martindah et al. (2015) menyimpulkan bahwa bahwa kejadian cemaran aflatoksin (AFB1) pada pakan ayam pedaging dan petelur tinggi, yaitu 91 dan 82,73%, akan tetapi tingkat kontaminasinya relatif rendah masih di bawah regulasi SNI aflatoksin pada pakan 50 ppb (SNI 2009a; 2009b) dan juga masih di bawah batas maksimal AFB1, 20 ng/g (ppb), pada pakan ayam yang diijinkan oleh regulasi Eropa (FAO 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat dan kuantitas mikotoksin yang diproduksi oleh kapang, diantaranya adalah jenis substrat, kadar air, nutrisi yang tersedia, suhu, kelembaban di lingkungan sekitarnya, kematangan koloni jamur, keberadaan dan persaingan dengan kapang atau dari mikroorganisme lain, kerusakan fisik dari substrat akibat aktivitas serangga, serta faktor stres (Bhat et al. 2010). Lingkungan panas dan lembab sebagaimana kondisi di Indonesia, merupakan dua hal penting yang mendukung tumbuhnya mikotoksin. Kisaran suhu rata-rata 28-31°C dan kelembaban 60-80%, merupakan kondisi yang kondusif untuk pertumbuhan kapang penghasil mikotoksin (Anastasia & Widiastuti 2015). Fardiaz (1996) menyatakan bahwa aflatoksin lebih sering diproduksi pada iklim hangat, sedangkan racun *Fusarium* sp terjadi di daerah dengan iklim sedang, kadang-kadang pada suhu mendekati 0°C. Namun, kapang yang berfilamen mudah beradaptasi dengan lingkungan dan biasanya dikenal sebagai produsen mikotoksin (Bhat et al. 2010). Oleh karena itu, biji-bijian di daerah tropis dan subtropis sangat rentan terhadap serangan pertumbuhan kapang dan

terkontaminasi mikotoksin. Diperkirakan antara 25 dan 50% dari semua komoditas pertanian, terutama tanaman sereal (sumber bahan pakan dan pakan), terkontaminasi oleh mikotoksin (Fardiaz 1996). Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya kontaminasi mikotoksin pada rantai makanan disajikan pada Gambar 1. Wacoo et al. (2014) menyatakan, aflatoksin B1 (AFB1) merupakan mikotoksin yang paling umum dan banyak mencemari berbagai komoditas pertanian yang digunakan untuk pangan dan pakan, yaitu sebesar 75%. Retnani et al. (2011) melaporkan bahwa waktu penyimpanan sangat signifikan berpengaruh terhadap kontaminasi kapang pada pakan sehingga akan menurunkan kualitasnya. Kontaminasi kapang pada pakan dapat merusak struktur pakan selama penyimpanan baik secara fisik, kimia maupun biologi (Bryden 2012). Dengan demikian, kontaminasi kapang dapat menjadi masalah bagi keamanan pakan, mengurangi palabilitas dan hilangnya nilai gizi. Selain itu, pakan dapat terkontaminasi dengan metabolit sekunder beracun (mikotoksin) yang dihasilkan oleh kapang tersebut.



**Gambar 1.** Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kontaminasi mikotoksin pada rantai makanan

**Sumber:** Abdel-Wahhab & Kholif (2008) yang dimodifikasi

Tantangan penting ketika mendeteksi mikotoksin dalam pakan ternak adalah jika sampel pakan yang akan diuji diambil dari wadah atau *batch* yang tidak mewakili seluruh *batch*. Hal ini merupakan faktor yang paling umum dalam menentukan variabilitas analisis mikotoksin. Mikotoksin tidak merata di seluruh *batch* pakan/makanan karena biasanya koloni mikotoksin lebih terkonsentrasi pada bagian dengan kelembaban

**Tabel 1.** Berbagai kapang penghasil mikotoksin dari hijauan dan biji-bijian serta gangguan yang ditimbulkan

Sumber Pakan	Genus Kapang	Mikotoksin	Gangguan yang ditimbulkan
Hijauan			
Jerami jagung	<i>Diplodia</i>	Belum jelas	Diplodiosis
Pastura kering ( <i>Brachiaria</i> )	<i>Phytophthora</i>	Sporidesmin	Eksim muka
Biji-bijian			
Kacang-kacangan	<i>Aspergillus</i>	Aflatoksin	Aflatoksikosis
Jagung	<i>Fusarium</i>	Deoksinivalenol	Penolakan pakan
		Zearalenon	<i>Vulvo-vaginitis; estrogenism</i>
		Fumonisin	<i>Leukoencephalomalacia</i> pada kuda; <i>Porcine pulmonary edema</i> pada babi
	<i>Aspergillus/Penicillium</i>	Okratoksin	Okratoksikosis

**Sumber:** Bryden (1998) yang dimodifikasi

tinggi dan/atau dengan kadar oksigen yang lebih tinggi. Dengan demikian, hasil analisis mikotoksin bernilai negatif atau positif lebih tinggi, tergantung dari mana sampel tersebut dikoleksi.

Pada umumnya, mikotoksin memiliki susunan molekul yang relatif besar dan secara kimiawi sangat stabil (WHO 1978; Schiefer 1990), sekali terbentuk akan terus mencemari bahan pakan dan juga pakan. Aflatoksin dan okratoksin dapat ditemukan dalam berbagai komoditas saat pra-panen. Hal ini tergantung pada kondisi iklim yang berbeda dari suatu wilayah/regional (Bryden 2012). Aflatoksin dapat ditemukan pada jagung, kacang tanah dan jenis kacang lainnya dengan jumlah yang signifikan (Reddy et al. 2009). Dilaporkan bahwa jagung dari wilayah Asia, merupakan komoditas yang paling banyak terkontaminasi mikotoksin, yaitu berturut-turut fumonisin, deoksinivalenol, zearalenon, aflatoksin B1, dan Okratoksin. Dilaporkan pula bahwa sumber kontaminan Aflatoksin B1 adalah bungkil kacang tanah dengan kadar rata-rata 184 µg/kg dengan persentase kejadian mencapai 89%, diikuti jagung dengan kadar rata-rata 60 µg/kg dengan persentase kejadian 17%. Selain sereal, telah terbukti bahwa hijauan (*forage*) dan jerami di Australia mengandung mikotoksin, yaitu aflatoksin B1, zearalenon dan deoksinivalenon (Moore et al. 2008).

Di Indonesia, keberadaan aflatoksin pada pakan unggas sudah dilaporkan sejak dua dasa warsa yang lalu. Ginting (1984) melaporkan kontaminasi aflatoksin pada pakan *broiler* dengan konsentrasi 53 ppb di Jakarta dan 26,5 ppb di Pontianak. Khotimah et al. (2015) melaporkan 13 spesies kapang ditemukan sebagai kontaminan potensial pada pakan ayam petelur yang dijual di beberapa pasar di Kabupaten Bogor dan spesies yang dominan adalah *A. flavus*. Dari hasil uji mikotoksin dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) mengindikasikan bahwa aflatoksin yang dominan adalah AFB1 dengan rata-rata konsentrasi 13,4 ppb.

Kontaminasi pakan unggas oleh aflatoksin juga telah lama dilaporkan dari beberapa negara seperti Argentina (Magnoli et al. 1998), Bangladesh (Dawlatana et al. 2002), India (Thirumala-Devi et al. 2002), Turki (Nizamlyolu & Oguz 2003) dan Moroko (Zinedine et al. 2007). Di Argentina, identifikasi spesies kapang yang diisolasi dari pakan unggas yang dominan adalah *A. flavus*, *A. parasiticus*, *P. brevicompactum*, *P. purpurogenum* dan *P. oxalicum*, 10% dari *strain* tersebut memproduksi aflatoksin (Magnoli et al. 1998). Zinedine et al. (2007) melaporkan bahwa insidensi aflatoksin pada jagung, gandum dan pakan unggas masing-masing berkisar antara 80, 17,6 dan 66,6%, dengan kisaran 0,23-11,2 ppb pada jagung, 0,03-0,15 ppb pada gandum dan 0,05-5,38 ppb pada pakan unggas, nilai kisaran cemaran tersebut masih di bawah batas maksimal AFB1 (20 ppb) pada pakan ayam yang diijinkan oleh regulasi Eropa (European Commission 2002; FAO 2004). Akan tetapi, 10% dari sampel jagung yang diperiksa terkontaminasi oleh AFB1 dengan konsentrasi lebih tinggi dari batas yang ditetapkan oleh regulasi EU.

Binder et al. (2007) telah melakukan survei kandungan mikotoksin khususnya aflatoksin, fumonisin, zearalenon, okratoksin dan trikotesena yang meliputi deoksinivalenol (DON) dan toksin T2 pada bahan pakan dan pakan dari berbagai negara di Asia, Oseania, Eropa dan Mediterania. Tabel 2 memperlihatkan mikotoksin pada komoditas bahan pakan dan pakan di Asia, yang perlu mendapat perhatian untuk dikendalikan.

Kondisi mikotoksin pada bahan pakan di Indonesia, terutama jagung telah diteliti oleh Tangendjaja et al. (2008), dilaporkan bahwa jagung yang ditawarkan ke pabrik pakan rata-rata mengandung aflatoksin tujuh kali lebih tinggi (58,8 µg/kg) daripada jagung impor dari Amerika Serikat (8,8 µg/kg) maupun dari Argentina (8,5 µg/kg) (Tabel 3).

Kadar aflatoksin yang tinggi pada jagung di Indonesia mengindikasikan kualitasnya relatif rendah.

**Tabel 2.** Kejadian mikotoksikosis dari sampel pakan dan bahan pakan di berbagai negara Asia

Jenis mikotoksin	Kandungan rata-rata (ug/kg) dan prevalensi sampel positif (%), serta jumlah sampel yang diperiksa (n)		
	Asia Utara	Asia Tenggara	Asia Selatan
Deoksinivalenol	925/71% (n=680)	162/14% (n = 410)	76/3% (n = 32)
T2 toksin	257/1% (n = 574)	313/ < 1% (n = 338)	0/0% (n = 28)
Zearalenon	494/47% (n = 680)	181/24% (n = 412)	944/25% (n = 32)
Fumonisin	1011/49% (n = 670)	491/48% (n = 412)	397/28% (n = 32)
Aflatoksin B1	35/3% (n = 690)	38/34% (n = 415)	52/63% (n = 32)
Okratoksin A	13/24% (n = 150)	33/9% (n = 60)	5/50% (n = 8)

**Sumber:** Binder et al. (2007) yang dimodifikasi

Menurut Bahri (2015) hal ini disebabkan oleh kadar air yang cukup tinggi dan beragam yaitu berkisar dari 14 sampai dengan 20%. Kadar aflatoksin yang rendah pada jagung asal Amerika dan Argentina mengindikasikan kualitas yang baik dengan kadar air yang rendah sehingga sering dijadikan alasan oleh para pabrik pakan untuk impor jagung dari dua negara tersebut.

**Tabel 3.** Kandungan mikotoksin pada jagung dari Indonesia, Amerika dan Argentina

Jenis mikotoksin	Kadar rata-rata dan kadar maksimum mikotoksin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) pada jagung		
	Indonesia <sup>1</sup>	Amerika Serikat <sup>2</sup>	Argentina <sup>3</sup>
Aflatoksin	58,8 (236)	8,8 (58,8)	8,5 (26,3)
Fumonisin	1193 (6100)	1504 (4900)	633 (2000)
Okratoksin	2,4 (59,9)	0,7 (5,7)	Tt
Dioksinivalenol	324 (3800)	327 (1500)	150 (300)
Zearalenon	21,7 (369)	Tt	-
T2-toksin	5,7 (1200)	2,3 (39,4)	26,2 (100)

<sup>1</sup>n: 328 atau 92% dari total sampel; <sup>2</sup>n: 21 atau 6% dari total sampel; <sup>3</sup>n: 7 atau 2% dari total sampel; Angka dalam kurung adalah kadar maksimum; Tt: Tidak terdeteksi; -: Tidak ada data

**Sumber:** Tangendjaja et al. (2008) yang dimodifikasi

## KEJADIAN MIKOTOKSIKOSIS MELALUI RANTAI MAKANAN

Beberapa jenis kapang dapat memproduksi lebih dari satu jenis mikotoksin dan beberapa mikotoksin diproduksi oleh lebih dari satu spesies kapang (Zain 2011). Paparan mikotoksin terutama terjadi melalui rantai makanan. Makanan manusia dapat terkontaminasi mikotoksin pada berbagai tahap dalam rantai makanan dan tiga genera jamur *mycotoxigenic* yang paling penting adalah *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp dan *Penicillium* sp (Bryden 2007). Dijelaskan bahwa kelas utama mikotoksin yang dihasilkan oleh tiga genus ini adalah aflatoksin (*Aspergillus* sp), okratoksin (*Aspergillus* sp dan *Penicillium* sp), serta trikotesena dan fumonisin (*Fusarium* sp).

Kapang merupakan bagian normal dari mikroflora pada tanaman pangan dan pakan yang disimpan, tetapi produksi mikotoksin tergantung pada jenis kapang, praktek agronomi, komposisi komoditas dan kondisi waktu panen, serta penanganan hasil dan penyimpanannya (Bryden 2009). Beberapa faktor yang mempengaruhi kontaminasi mikotoksin dalam rantai makanan manusia dan pakan ternak oleh Bryden (2012) dirangkum sebagai berikut: (1) Faktor biologi (tanaman yang rentan, kapang yang cocok sebagai penghasil toksin); (2) Faktor lingkungan (suhu udara, kelembaban, kerusakan mekanis, serangga/burung yang merusak, kapang); (3) Faktor waktu panen (kondisi tanaman sudah waktunya dipanen atau belum, suhu, kelembaban); dan (4) Faktor distribusi dan penyimpanan (suhu dan kelembaban).

Pakan ternak merupakan pintu rantai makanan pertama. Mikotoksin dapat memasuki rantai makanan secara langsung, yaitu melalui produk tanaman seperti biji-bijian/serealia, kopi, biji minyak, rempah-rempah, jus buah dan minuman (anggur dan bir) serta secara tidak langsung dari pakan hewan (rumput dan konsentrat) yang terkontaminasi dengan mikotoksin yang dapat meninggalkan residu dalam susu, daging dan produk lainnya (Bhat et al. 2010). Oleh karena itu, risiko akumulasi kontaminan yang terbawa dari pakan yang terkontaminasi ke jaringan dan cairan biologis produk ternak untuk konsumsi manusia (daging, susu dan telur) perlu mendapat perhatian (Arroyo-Manzanares et al. 2015). Biasanya mikotoksin masuk ke dalam tubuh manusia atau ternak melalui konsumsi makanan atau pakan yang terkontaminasi, akan tetapi menghirup spora toksigenik dan kontak melalui kulit secara langsung juga merupakan rute penting.

Ketika sapi yang sedang menyusui mengkonsumsi pakan yang terkontaminasi aflatoksin B1 (FB1), maka

AFB1 ini dimetabolisme membentuk turunan monohidroksi, aflatoksin M1 (AFM1) yang disekresikan di dalam air susu (Skrbi et al. 2014). Aflatoksin M1 (AFM1) dapat dideteksi dari air susu dalam waktu 12-24 jam setelah asupan AFB1 pertama kali, kemudian konsentrasinya menurun ke tingkat tidak terdeteksi setelah 72 jam sejak asupan awal dihentikan (Tsakiris et al. 2013).

Peran okratoksin A (OTA) sebagai agen penyebab penyakit pada manusia masih spekulatif, meskipun demikian masalah kesehatan masyarakat ditetapkan atas dasar efek toksiknya dan kemampuannya mengkontaminasi melalui rantai makanan (Duarte et al. 2011). Kontributor utama asupan OTA adalah serelia dan produknya. Beberapa penulis telah mengindikasikan bahwa roti sebagai salah satu sumber utama OTA (Zinedine & Mañes 2009). Komoditas berkualitas rendah yang ditumbuhi kapang dan menghasilkan OTA kemungkinan tidak akan masuk ke dalam rantai makanan yang dikonsumsi manusia, karena kemungkinan dipakai sebagai pakan ternak. Hal ini menimbulkan kekhawatiran berkaitan dengan kesehatan hewan, termasuk peningkatan kerentanan terhadap infeksi sekunder dan penurunan kinerja ternak, yang pada akhirnya menjadi sumber bahan pangan asal ternak yang kurang berkualitas (Duarte et al. 2012).

### **DAMPAK MIKOTOKSIN PADA KESEHATAN TERNAK DAN MANUSIA**

Aflatoxin, fumonisin dan alkaloid ergot berhubungan dengan mikotoksikosis pada ternak serta pada manusia biasanya bersifat akut. Gejala umum mikotoksikosis pada manusia adalah muntah, diare dan masalah *gastro-intestinal* lain (Bhat et al. 2010). Menurut Bryden (2012) masalah utama terkait pakan ternak yang terkontaminasi mikotoksin bukan sebagai penyebab penyakit akut, akan tetapi akumulasi konsumsi racun dengan konsentrasi rendah menyebabkan gangguan metabolisme dan mempengaruhi produktivitas ternak yang buruk. Secara umum, mikotoksin dikenal menekan sistem kekebalan tubuh, meskipun demikian penyakit yang disebabkan oleh mikotoksin tidak menular (Bhat et al. 2010).

#### **Dampak mikotoksin pada kesehatan ternak**

Ternak dapat terpapar mikotoksin setelah mengkonsumsi pakan yang terkontaminasi mikotoksin yang diproduksi oleh kapang baik pada saat pertumbuhan tanaman, saat panen dan/atau saat penyimpanan. Studi toksikologi mengungkapkan terdapat kombinasi dan kemungkinan efek sinergis dari beberapa mikotoksin seperti fumonisin, zearalenone,

trikotesena dan okratoksin pada kehidupan manusia dan ternak (van de Venter 2000). Hingga saat ini, di seluruh dunia sudah diidentifikasi lebih dari 400 mikotoksin. Mengingat sifat mikotoksin stabil terhadap panas, maka zat ini memiliki risiko yang potensial bagi kesehatan manusia dan ternak (Bath et al 2010). Sifat kimia dan biologi mikotoksin bervariasi serta efek toksik yang ditimbulkannya juga beragam. Diantara lima jenis mikotoksin, aflatoksin terutama aflatoksin B1 (AFB1) hingga saat ini paling banyak mendapat perhatian karena berdampak pada kesehatan manusia dan ternak, seperti efek *carcinogenic*, *mutagenic*, *teratogenic* dan *immunosuppressive* (Zinedine et al. 2007; Rodrigues & Naehrer 2012). Toksisitas akut oleh aflatoksin pada ternak jarang terjadi jika dibandingkan dengan toksitas kronis.

Dhanasekaran et al. (2011) mencatat bahwa semua spesies ternak rentan terhadap aflatoksikosis, tetapi wabah lebih sering terjadi pada babi, domba dan sapi. Sapi potong dan sapi perah lebih rentan terhadap aflatoksikosis dari pada domba atau kuda. Lebih lanjut dinyatakan bahwa ternak muda dan ternak yang sedang bunting, pada semua spesies, lebih rentan dibandingkan pada ternak dewasa. Sebagian besar, spesies ternak memiliki nilai LD50 oral aflatoksin B1 bervariasi, yaitu antara 0,03-18 mg/kg berat badan (Dhanasekaran et al. 2011). Toksisitas aflatoksin dan mikotoksin pada ternak umumnya tergantung pada spesies, umur ternak, sumber/jenis mikotoksin, dosis dan durasi paparannya (Swamy 2009; Dhanasekaran et al. 2011). Ternak yang belum disapih dapat terpapar metabolit aflatoksin yang disekresi dalam air susu (Jones et al. 1994). Mikotoksin jenis okratoksin, telah menimbulkan wabah okratoksikosis klinis dan telah dilaporkan pada unggas, babi dan kelinci disebabkan karena mengkonsumsi pakan yang terkontaminasi (Duarte et al. 2011).

Pada ayam pedaging, aflatoksin B1 akan mempengaruhi pada sistem imun, pertumbuhan dan saluran pencernaan, sedangkan pada ayam petelur menurunkan produksi telur dan daya tetas (Alhousein & Gurbuz 2015). Tantangan terbesar mikotoksikosis pada unggas adalah gejala klinis bersifat non-spesifik sehingga sangat menyulitkan diagnosis dan masalah dalam mengambil tindakan yang tepat. Gejala mikotoksikosis mirip dengan gejala yang diakibatkan oleh buruknya manajemen, gizi dan kesehatan unggas (Swamy 2009). Oleh karena itu, untuk mengkonfirmasi mikotoksikosis pada unggas, biasanya dilakukan dengan menggabungkan hasil analisis mikotoksin pakan dengan gejala klinis pada unggas di peternakan. Tingkat kontaminasi mikotoksin dalam pakan ternak biasanya tidak cukup tinggi untuk menyebabkan penyakit dengan gejala klinis yang jelas, tetapi dapat mengakibatkan kerugian ekonomi melalui perubahan/terhambatnya pertumbuhan dan produksi serta imunosupresi.

## Dampak mikotoksin pada kesehatan manusia

Aflatoksin dan fumonisin (FB) adalah mikotoksin yang mengkontaminasi sebagian besar makanan pokok di dunia, termasuk jagung, sereal, kacang tanah dan jenis kacang lainnya (Wild & Gong 2009). Lebih lanjut dikatakan bahwa racun aflatoksin dan FB sering terdapat pada jagung, dimana komoditas ini merupakan makanan pokok, misalnya di beberapa bagian Afrika, Asia dan Amerika Latin, serta paparan kontaminasinya sudah mencapai pada level kronis (Wild & Gong 2009).

Rocha et al. (2014) menyatakan bahwa mikotoksin merupakan zat yang bersifat karsinogenik. Aflatoksin memiliki sifat onkogenik dan immunosupresif, serta akan menginduksi infeksi pada manusia yang terkontaminasi zat ini (Alhousein & Gurbuz 2015). Sifat ini berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan risiko kanker hati (*hepato-carcinogenic*) pada manusia, terutama hubungannya dengan infeksi virus hepatitis B (VHB) kronis (Groopman et al. 2008; Wild & Gong 2009). Selain itu, aflatoksin dianggap sebagai faktor risiko untuk perkembangan kanker hepatoselular (Scholl & Groopman 2008) dan menyebabkan aflatoksikosis pada saat terjadi wabah keracunan aflatoksin (Wild & Gong 2009).

Secara global, mikotoksin memiliki implikasi yang signifikan pada kesehatan manusia dan ternak, ekonomi serta perdagangan (Bryden 2007; Wild 2007; Wild & Gong 2009). Perkembangan peraturan terkait dengan manajemen risiko mikotoksikosis telah dapat menyeimbangkan antara kesehatan manusia dengan masalah ekonomi, melalui proses penilaian risiko yang rinci (Kuiper-Goodman 2004).

## PENGENDALIAN MIKOTOKSIN

Cemaran mikotoksin dalam pakan ternak selain membahayakan kesehatan ternak juga menimbulkan residu, misalnya 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). Residu mikotoksin bersifat stabil terhadap berbagai metode pengolahan dan penyimpanan. Oleh karena itu, tindakan pencegahan sebaiknya dilakukan sebelum memasuki rantai makanan. Risiko kontaminasi mikotoksin pada pakan akan berkurang di setiap unit ternak dengan mempercepat habisnya pakan (sehingga pakan selalu baru) dengan demikian waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan jamur dan produksi toksinnya lebih singkat (Bryden 2012). Menurut El-Desouky et al. (2014) air yang diozonisasi (*water ozoned*) layak dan efektif untuk detoksifikasi menghilangkan atau penghapusan AFM1 dari sampel organ hati, ampela

dan jantung sehingga dapat menghindari bahaya AFM1.

Kontrol dan pencegahan mikotoksin di lapangan, diantaranya dengan rotasi tanaman dan penggunaan fungisida pada waktu yang tepat (Binder 2007; Schatzmayr & Streit 2013). Sebagai contoh, serangan *Fusarium* sp dapat dikurangi dengan merotasi tanaman jagung dan kacang kedelai, dibandingkan dengan penanaman jagung secara berturut-turut (Lopez-Garcia & Park 1998). Namun, apabila rotasi tanaman dilakukan tanpa memilih jenis tanaman yang sesuai dapat meningkatkan peluang tumbuhnya kapang penghasil mikotoksin (Maryam 2006). Menghilangkan mikotoksin pada komoditas yang terkontaminasi adalah sangat sulit sehingga strategi yang paling efektif untuk mengatasi masalah adalah dengan mencegah agar mikotoksin tidak terakumulasi pada komoditas pertanian (Schatzmayr & Streit 2013).

Maryam (2006) telah mengulas pengendalian kontaminasi mikotoksin secara terpadu dengan menerapkan *Good Agricultural Practices* (GAP) dan *Good Manufacturing Practices* (GMP) yang dilaksanakan pada prapanen, saat panen dan pascapanen dengan selalu mengontrol kualitas yang memadai. Meskipun GAP dan GMP bersama dengan *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) telah dilakukan dengan baik dan efektif, kemungkinan belum dapat untuk menghindari atau memutus mikotoksin sepenuhnya pada rantai makanan. Pada saat prapanen, pengendalian serangga yang dilakukan dengan menggunakan pestisida secara tidak terkendali akan menimbulkan resistensi hama. Begitu pula, varietas tanaman yang resisten terhadap mikotoksin juga belum diberdayakan oleh setiap petani karena keterbatasan benih dan umumnya masih dalam tahap penelitian. Selain itu, regulasi batas maksimum mikotoksin pada pakan dan pangan perlu diperhatikan guna mencegah bahaya lebih lanjut bagi kesehatan masyarakat.

## KESIMPULAN

Kontaminasi kapang dapat menjadi masalah bagi keamanan pakan dan pangan, karena dapat merusak struktur secara fisik, kimia maupun biologi selama penyimpanan, sehingga mengurangi palatabilitas dan hilangnya nilai gizi. Selain itu, pakan dan pangan juga dapat terkontaminasi dengan mikotoksin (metabolit sekunder beracun) yang dihasilkan oleh kapang tersebut. Mikotoksin tidak hanya berbahaya bagi kesehatan konsumen, tetapi juga akan menurunkan kualitas produk yang terkontaminasi sehingga menyebabkan kerugian ekonomi yang besar. Oleh karena itu, regulasi batas maksimum mikotoksin pada pakan dan pangan perlu diperhatikan guna mencegah bahaya lebih lanjut bagi kesehatan masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Wahhab MA, Kholif AM. 2008. Mycotoxins in animal feeds and prevention strategies: A review. *Asian J Anim Sci.* 2:7-25.
- Agus A, Sumantri I, Murti TW, Boem J. 2013. Survey on the occurrence of aflatoxin B1 contamination in dairy ration and its carry over into the milk in Yogyakarta and Central Java Province of Indonesia. In: ISM-Mycored International Conference Europe 2013. Apulia, 27-31 May 2013. Apulia (Italy): CNR ISPA.
- Alhousein A, Gurbuz Y. 2015. Aflatoxins in poultry nutrition. *KSU J Nat Sci.* 18:1-5.
- Anastasia Y, Widiastuti R. 2015. Deteksi aflatoksin B1 pada pakan ayam menggunakan kromatografi cair spektrofotometri massa (KCSM). Dalam: Noor SM, Handiwirawan E, Martindah E, Widiastuti R, Sianturi RSG, Herawati T, Purba M, Anggraeny YN, Batubara A, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner untuk Peningkatan Daya Saing dan Mewujudkan Kedaulatan Pangan Hewani. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Jakarta, 8-9 Oktober 2015. Jakarta (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 496-504.
- Arroyo-Manzanares N, Huertas-Pérez JF, García-Campaña AM, Gámiz-Gracia L. 2015. Aflatoxins in animal feeds: A straightforward and cost-effective analytical method. *Food Control.* 54:74-78.
- Bahri S. 2015. Toksikologi veteriner: Tanaman beracun, mikotoksin, pestisida dan logam berat. Buku II. Bogor (Indonesia): IPB Press.
- Bennett JW, Klich M, Mycotoxins M. 2003. Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev.* 16:497-516.
- Bhat R, Rai RV, Karim AA. 2010. Mycotoxins in food and feed: Present status and future concerns. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 9:57-81.
- Binder EM. 2007. Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. *Anim Feed Sci Technol.* 133:149-166.
- Binder EM, Tan LM, Chin LJ, Handl J, Richard J. 2007. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Anim Feed Sci Technol.* 137:265-282.
- Bryden WL. 1998. Mycotoxin contamination of Australian pastures and feedstuffs. In: Garland T, Barr AC, editors. *Toxic plants and other natural toxicants.* New York (US): CABI Publishing. p. 464-468.
- Bryden WL. 2007. Mycotoxins in the food chain: Human health implications. *Asia Pac J Clin Nutr.* 16:95-101.
- Bryden WL. 2009. Mycotoxins and mycotoxicoses: significance, occurrence and mitigation in the food chain. In: Ballantyne B, Marrs T, Syversen T, editors. *General and Applied Toxicology.* 3rd Ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons. p. 3529-3553.
- Bryden WL. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Anim Feed Sci Technol.* 173:134-158.
- Creppy EE. 1999. Human ochratoxycosis. *J Toxicol Toxin Rev.* 18:277-293.
- Dawlatana M, Coker RD, Nagler MJ, Wild CP, Hassan MS, Blunden G. 2002. The occurrence of mycotoxins in key commodities in Bangladesh: Surveillance results from 1993 to 1995. *J Nat Toxins.* 11:379-386.
- Desjardins AE, Plattner RD. 2000. Fumonisin B (1)-nonproducing strains of *Fusarium verticillioides* cause maize (*Zea mays*) ear infection and ear rot. *J Agric Food Chem.* 48:5773-5780.
- Dhanasekaran D, Shanmugapriya S, Thajuddin N, Panneerselvam A. 2011. Aflatoxins and aflatoxicosis in human and animals. In: Guevara-Gonzalez RG, editor. *Aflatoxins-biochemistry and molecular biology.* Rijeka (Croatia): InTech. p. 221-254.
- 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-Gonzalez RG, editor. *Aflatoxins-biochemistry and molecular biology.* Rijeka (Croatia): InTech. p. 3-20.
- Duarte SC, Lino CM, Pena A. 2011. Ochratoxin A in feed of food-producing animals: An undesirable mycotoxin with health and performance effects. *Vet Microbiol.* 154:1-13.
- Duarte SC, Lino CM, Pena A. 2012. Food safety implications of ochratoxin A in animal-derived food products. *Vet J.* 192:286-292.
- Dutton MF. 1996. Fumonisin, mycotoxins of increasing importance: Their nature and their effects. *Pharmacol Ther.* 70:137-161.
- El-Desouky TA, Mohamed SR, Abou-Arab AAK, Salim AB. 2014. Occurrence of aflatoxin B1 and M1 in some Egyptian chicken organs and their affected by ozonated water. *Open Sci J Mod Phys.* 1:24-30.
- El-Nezami HN, Polychronaki, Salminen S, Mykkanen H. 2002. Binding rather than metabolism may explain the interaction of two foodgrade *Lactobacillus* strains with zearalenone and its derivative-zearalenol. *Appl Environ Microbiol.* 68:3545-3549.
- European Commission. 2002. Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. *Off J Eur Communities.* L 140:10-21.
- European Commission. 2006. Commission Recommendation of 17 August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding (2006/576/EU). *Off J Eur Union.* L 229:7-9.
- European Communities. 2010. Commission 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. *Off J Eur Union*. L 50:8-12.
- FAO. 2004. Worldwide Regulation for mycotoxins in food and feed in 2003. *FAO Food and Nutrition Paper* 81. Rome (Italy): FAO.
- Fardiaz S. 1996. Mycotoxin contamination of grains-a review of research in Indonesia. In: Highley E, Johnson GI, editors. 17<sup>th</sup> ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology. Lumut, 25-17 July 1995. Canberra (AUS): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Ginting NG. 1984. Aflatoksin pada pakan ayam pedaging di Daerah Khusus Ibukota Jakarta Raya dan Kotamadya Pontianak. *Penyakit Hewan*. 16:212-214.
- Gowda NKS, Swamy HVLN, Mahajan P. 2013. Recent advances for control, counteraction and amelioration of potential aflatoxins in animal feeds. In: Razzaghi-Abyaneh M, editor. *Aflatoxins-Recent Advances and Future Prospects*. Rijeka (Croatia): InTech.
- Groopman JD, Kensler TW, Wild CP. 2008. Protective interventions to prevent aflatoxin-induced carcinogenesis in developing countries. *Annu Rev Public Health*. 29:187-203.
- Hagler WM, Towers JNR, Mirocha CJ, Eppley RM, Bryden WL. 2001. Zearalenone: mycotoxin or mycoestrogen? In: Summerell, Leslie JF, Backhouse D, Bryden WL, Burgess LW, editors. *Fusarium* Paul E Nelson Meml Symp. Saint Paul (US): APS Press. p. 321-331.
- Jones FT, Genter MB, Hagler WM, Hansen JA, Mowrey BA, Poore MH, Whitlow LW. 1994. Understanding and coping with effects of mycotoxins in livestock feed and forage. Raleigh (US): North Carolina State University.
- Khotimah K, Indrawati A, Latif H. 2015. Identification of fungi and mycotoxin in layer feed sold in traditional markets of Bogor, Indonesia. *Int J Curr Res Biosci Plant Biol*. 2:97-104.
- Kuiper-Goodman T. 2004. Risk assessment and risk management of mycotoxins in food. In: Magan N, Olsen M, editors. *Mycotoxins in Food*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing.
- Kurtz HJ, Mirocha J. 1978. Zearalenone (F2) induced estrogenic syndrome in swine. In: Wyllie TD, Morehouse LG, editors. *Mycotoxic fungi, mycotoxins, mycotoxicoses*. Vol 2. New York (US): Marcel Dekker. p. 1256-1264.
- Lopez-Garcia R, Park DL. 1998. Effectiveness of post-harvest procedures in management mycotoxin hazards. In: Bhatnagar D, Sinha S, editors. *Mycotoxins in agriculture and food safety*. New York (US): Marcel Dekker. p. 407-433.
- Magnoli C, Dalcerio AM, Chiacchiera SM, Miazzo R, Saenz MA. 1998. Enumeration and identification of *Aspergillus* group and *Penicillium* species in poultry feeds from Argentina. *Mycopathologia*. 142:27-32.
- Martindah E, Maryam R, Wahyuardani S, Widiyanti PM. 2015. Studi pendahuluan epidemiologi kontaminasi aflatoksin B1 pada pakan ayam. Dalam: Noor SM, Handiwirawan E, Martindah E, Widiastuti R, Sianturi RSG, Herawati T, Purba M, Anggraeny YN, Batubara A, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner untuk Peningkatan Daya Saing dan Mewujudkan Kedaulatan Pangan Hewani*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Jakarta, 8-9 Oktober 2015. Jakarta (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 525-531.
- Maryam R. 2006. Pengendalian terpadu kontaminasi mikotoksin. *Wartazoa*. 16:21-30.
- Moore DD, Chin LJ, Bryden WL. 2008. Contamination of Australian animal feedstuff and forages with mycotoxins. *Proc Aust Soc Anim Prod*. 27:35.
- Nelson PE, Desjardins AE, Plattner RD. 1993. Fumonisin, mycotoxins produced by *Fusarium* species: Biology, chemistry and significance. *Annu Rev Phytopathol*. 31:233-252.
- Nizamlyolu F, Oguz H. 2003. Occurrence of aflatoxins in layer feed and corn samples in Konya Province, Turkey. *Food Addit Contam*. 20:654-658.
- Peraica M, Radić B, Lucić A, Pavlović M. 1999. Toxic effects of mycotoxins in humans. *Bull World Health Organ*. 77:754-766.
- Reddy KRN, Abbas HK, Abel CA, Shier WT, Oliveira CAF, Raghavender CR. 2009. Mycotoxin contamination of commercially important agricultural commodities. *Toxin Rev*. 28:154-168.
- Retnani Y, Putra ED, Herawati L. 2011. The effect of different water spraying level and stroge periode on endurance of pellet broiler finisher. *Agripet*. 11:10-14.
- Rocha F, Duarte KMR, Gomes LH, Mattos WT, Lira SP, Alcantara PB. 2014. Introduction of the neMDH gene in *Urochloa brizantha* for aluminium tolerance in agronomic assays. *Greener J Agric Sci*. 4:110-116.
- Rodrigues I, Naehrer K. 2012. Prevalence of mycotoxins in feedstuffs and feed surveyed worldwide in 2009 and 2010. *Phytopathol Mediterr*. 51:175-192.
- Schatzmayr G, Streit E. 2013. Global occurrence of mycotoxins in the food and feed chain: Facts and figures. *World Mycotoxin J*. 6:213-222.
- Schiefer HB. 1990. Mycotoxins in indoor air: A critical toxicological viewpoint. In: *Indoor air '90: Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Toronto, 29 July-3 August 1990. Toronto (Canada): International Conference on Indoor Air Quality and Climate. p. 167-72.
- Scholl PF, Groopman JD. 2008. Long-term stability of human aflatoxin B1 albumin adducts assessed by isotope dilution mass spectrometry and highperformance liquid chromatography fluorescence. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 17:1436-1439.

- Skrbi B, Zivancev J, Antic 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.
- SNI. 2001. Batas maksimum cemaran mikroba dan batas maksimum residu dalam bahan makanan asal hewan. Jakarta (Indonesia): Standar Nasional Indonesia.
- SNI. 2009a. SNI 3148.3:2009. Pakan konsentrat-Bagian 3: Ayam ras petelur (*layer concentrate*). Jakarta (Indonesia): Standar Nasional Indonesia.
- SNI. 2009b. SNI 3148.5:2009. Pakan konsentrat-Bagian 5: Ayam ras pedaging (*broiler concentrate*). Jakarta (Indonesia): Standar Nasional Indonesia.
- Swamy HVLN. 2009. Mycotoxins-Part 2. Current thoughts on global mycotoxicoses. *World Poult*. 25:18-20.
- Tangendjaja B, Rahmawati S, Wina E. 2008. Mycotoxin contamination on corn used by feed mills in Indonesia. *Indonesia J Agric Sci*. 9:68-76.
- Thirumala-Devi K, Mayo M a, Reddy G, Reddy DVR. 2002. Occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in Indian poultry feeds. *J Food Prot*. 65:1338-1340.
- Tsakiris IN, Tzatzarakis MN, Alegakis AK, Vlachou MI, Renieri EA, Tsatsakis AM. 2013. Risk assessment scenarios of children's exposure to aflatoxin M1 residues in different milk types from the Greek market. *Food Chem Toxicol*. 56:261-265.
- van de Venter T. 2000. Emerging food-borne diseases: A global responsibility. *Food Nutr Agric*. 26:4-13.
- Wacoo AP, Wendi D, Vuzi PC, Hawumba JF. 2014. Methods for detection of aflatoxins in agricultural food crops. *J Appl Chem*. 2014:1-15.
- WHO. 1978. Selected mycotoxins: Ochratoxins, trichothecenes, ergot (environmental health criteria 105). Geneva (Switzerland): World Health Organization.
- Wild CP. 2007. Aflatoxin exposure in developing countries: The critical interface of agriculture and health. *Food Nutr Bull*. 28.
- Wild CP, Gong YY. 2009. Mycotoxins and human disease: A largely ignored global health issue. *Carcinogenesis*. 31:71-82.
- Zain ME. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. *J Saudi Chem Soc*. 15:129-144.
- Zinedine A, Juan C, Soriano JM, Moltó JC, Idrissi L, Mañes J. 2007. Limited survey for the occurrence of aflatoxins in cereals and poultry feeds from Rabat, Morocco. *Int J Food Microbiol*. 115:124-127.
- Zinedine A, Mañes J. 2009. Occurrence and legislation of mycotoxins in food and feed from Morocco. *Food Control*. 20:334-344.