

Kontaminasi Cendawan dan Mikotoksin pada Tumbuhan Obat

RITA NOVERIZA

Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik
Indonesian Medicinal and Aromatic Crops Research Institute
Jl. Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111

ABSTRAK

Tumbuhan obat seringkali terkontaminasi oleh berbagai cendawan, yang akan mengakibatkan pembusukan dan memproduksi mikotoksin. Beberapa tumbuhan obat yang dipakai sebagai bahan campuran jamu di Malaysia dan Indonesia (seperti jahe, kunyit, kencur, kayu rapat, sambiloto, dll), dideteksi mengandung aflatoksin. *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* dan *A. ochraceus* dijumpai pada buah *Azadirachta indica*, buah *Jatropha curcas*, akar *Morinda lucida*. Cendawan tersebut memproduksi aflatoksin dan okratoksin A yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Faktor-faktor penyebabnya adalah genetik tumbuhan, penanganan sebelum dan setelah panen. Kondisi yang tidak cukup bersih selama pengeringan, transportasi, dan penyimpanan dari bahan baku atau produk dapat menyebabkan tumbuhnya bakteri, cendawan dan mikotoksin. Kesadaran tentang pentingnya meningkatkan metode penyiapan bahan baku tumbuhan obat yang bebas kontaminasi cendawan dan mikotoksin dari konsumen, peneliti, petani dan pedagang perlu ditingkatkan. Selain itu perlu dilakukan monitoring tentang distribusi dan tingkat kontaminasi aflatoksin pada produk atau bahan baku tumbuhan obat yang beredar di pasar. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang cendawan kontaminan pada tumbuhan obat, serta faktor-faktor penyebabnya dan bahayanya untuk kesehatan manusia serta strategi atau upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah dan mengendalikan kontaminasi cendawan.

Kata kunci : Cendawan kontaminan, mikotoksin, tumbuhan obat.

ABSTRACT

Contamination of fungal and mycotoxins on medicinal plants

Medicinal plants regularly contaminated by fungi producing mycotoxin. Some medicinal plant used as ingredients in commercial traditional herbal medicines (jamu) in Malaysia and Indonesia (such as ginger, cecur, turmeric, kayu rapat, sambiloto, etc.) was

detected contained aflatoxin. *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* and *A. ochraceus* were found in *Azadirachta indica* and *Jatropha curcas* fruits also in *Morinda lucida* root. These fungi produce aflatoxins and ochratoxin A and very risky to human health. Fungal contamination on those plants and product was caused by plant genetic, preharvest (plant cultivation, environment stress) and post harvest treatments. Furthermore, the condition of raw material or plant product was uncleaned during drying, transportation and storage causing the occurrence of bacteria, fungal and mycotoxins. Therefore, the awareness among consumers, researches, farmers and traders regarding the importance in improving the processing methods (harvest, drying, transportation and storage) need to be more concerned. In addition, monitoring covering distribution and contamination level of molds and mycotoxin on medicinal plant in the market need to be conducted. The purpose of this article is to provide the practical information on fungal contaminant and mycotoxin levels in medicinal plants, which hazardous to human health; also the strategies in preventing and controlling fungal contamination.

Key words : Fungal contaminant, mycotoxins, medicinal plant.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kedua terkaya di dunia dalam hal keanekaragaman hayati. Terdapat sekitar 30.000 jenis (spesies) tanaman yang telah diidentifikasi dan 950 spesies di antaranya diketahui memiliki fungsi biofarmaka, yang memiliki potensi sebagai obat, makanan kesehatan, dan nutraceuticals. Dengan kekayaan tersebut Indonesia berpeluang untuk menjadi salah satu negara dalam industri obat tradisional dan kosmetika alami berbahan baku tumbuhan yang peluang pasarnya cukup besar (Anonim, 2007).

Sebagai salah satu alternatif pengembangan biofarmaka, fitofarmaka atau lebih dikenal dengan tanaman obat, sangat berpotensi dalam pengembangan industri obat tradisional Indonesia. Selama ini, industri tersebut berkembang dengan memanfaatkan tumbuhan yang diperoleh dari hutan alam dan sangat sedikit yang telah dibudidayakan petani. Sampai saat ini, teknik budidaya dan pengolahan bahan baku belum menghasilkan bahan baku yang diinginkan industri, yaitu bebas bahan kimia dan tidak terkontaminasi jamur ataupun kotoran lainnya. Penggunaan bahan alami sebagai obat makin diminati oleh konsumen antara lain karena aman, berkualitas baik dan berkhasiat tinggi. Di samping itu, harganya juga lebih terjangkau dan mudah didapat.

Obat herbal adalah material kasar dari beberapa jenis tanaman obat atau tanaman obat yang telah dikeringkan seperti daun, batang, akar, bunga atau biji. (Hitokoto *et al.*, 1978). Cara praktis dalam pemanenan, transportasi (pengangkutan), penyimpanan, proses produksi serta pendistribusian, menyebabkan tanaman obat menjadi subjek kontaminasi oleh berbagai cendawan, yang akan mengakibatkan pembusukan dan produksi mikotoksin (Halt, 1998; Tassaneeyakul *et al.*, 2004; Mandeel, 2005). Pengendalian kualitas untuk mencegah perkembangan cendawan dan bakteri kontaminan sangat perlu dilakukan dalam proses penyiapan obat herbal, antara lain kontaminasi cendawan, risiko adanya produksi mikotoksin khususnya aflatoxin harus menjadi perhatian utama dalam proses penyiapan obat herbal (Hitokoto *et al.*, 1978)

Telah banyak penelitian tentang cendawan kontaminan dan mikotoksin pada produk pertanian, tetapi sangat kurang perhatian terhadap cendawan kontaminan pada tumbuhan obat. Sementara tumbuhan tersebut sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan mempunyai peranan penting dalam perekonomian masyarakat. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang cendawan kontaminan dan mikotoksin pada tumbuhan yang digunakan oleh masyarakat sebagai obat,

serta faktor-faktor yang penyebabnya dan bahayanya untuk kesehatan manusia serta strategi atau upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah dan mengendalikan kontaminasi cendawan.

BAHAYA CENDAWAN KONTAMINAN DAN MIKOTOKSIN

Mikotoksin adalah metabolit sekunder yang diproduksi oleh beberapa cendawan yang termasuk golongan genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* dan *Alternaria*. Jenis *Aspergillus* dan *Penicillium* dikenal sebagai mikroba kontaminan pada makanan selama pengeringan atau penyimpanan, sedangkan *Fusarium* dan *Alternaria* dapat memproduksi mikotoksin sebelum dan langsung setelah panen (Kabak *et al.*, 2006). *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus* adalah dua spesies cendawan yang dapat memproduksi metabolit toksik yang disebut aflatoxin bersifat sangat karsinogenik dan mutagenik (Neucere *et al.*, 1992). Jumlah aflatoxin B1 yang dapat menyebabkan racun adalah antara 0,86 – 5,24 µg/ml kultur filtrat ekstrak tanaman (Roy *et al.*, 1988).

Cendawan *Alternaria*, *Ascochyta*, *Penicillium*, *Curvularia*, *Cercospora* dan *Phyllosticta* memproduksi dua jenis senyawa fitotoksin **brefeldin** dan **α,β-dehydrocurvularin** (Vurro *et al.*, 1998). Infeksi *Curvularia* pada manusia menyebabkan penyakit onikomikosis, brochopulmonari, alergi sinusitis dan liver (Rinaldi *et al.*, 1987; Yau *et al.*, 1994; Fernandez *et al.*, 1999).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aflatoxin tidak akan hilang atau berkurang dengan pemasakan atau pemanasan (Midio *et al.*, 2001). Selain itu, aflatoxin tidak terurai pada suhu didih air (Feuell, 1996), seperti pada saat penyiapan minuman obat. Efek toksik yang ditimbulkan dari masing-masing mikotoksin berbeda-beda karena adanya perbedaan sifat-sifat kimia, biologik dan toksikologiknya. Selain itu, toksisitas ini juga ditentukan oleh: (1) dosis atau jumlah mikotoksin yang dikonsumsi; (2) rute pemaparan; (3)

lamanya pemaparan; (4) spesies; (5) umur; (6) jenis kelamin; (7) status fisiologis, kesehatan dan gizi; dan (8) efek sinergis dari berbagai mikotoksin yang secara bersamaan terdapat pada tumbuhan/bahan pangan (Bahri *et al.*, 2002).

Umumnya mikotoksin bersifat kumulatif, sehingga efeknya tidak dapat dirasakan dalam waktu cepat dan sulit dibuktikan secara etiologi. Masalah lainnya, kontaminasi pada tumbuhan (sebagai bahan baku obat) tidak dapat terlihat sehingga tidak mudah untuk mengindikasikan suatu bahan telah terkontaminasi mikotoksin kecuali dengan melakukan analisa laboratorium. Namun demikian, kontaminasi mikotoksin dapat diindikasikan dengan terlihatnya infestasi cendawan kontaminan meskipun adanya pertumbuhan cendawan tersebut tidak selalu identik dengan produksi mikotoksin karena mikotoksin dihasilkan pada kondisi tertentu. Satu bahan bisa saja terdapat beberapa spesies cendawan yang menghasilkan beberapa jenis mikotoksin yang saling berinteraksi dan saling memperkuat tingkat toksisitas (efek sinergis).

Karena adanya kontaminasi cendawan dan mikotoksin tidak kasat mata, terlebih lagi pada bahan olahan, maka perlu kewaspadaan dalam memilih bahan baku obat, yang telah disimpan dalam waktu lama. Dan sangat penting juga mempunyai metode sederhana untuk mengukur kadar aflatoksin dan bagaimana cara pencegahan atau pengendaliannya.

JENIS-JENIS MIKOTOKSIN YANG UTAMA

Saat ini telah dikenal 300 jenis mikotoksin (Cole dan Cox, 1981), lima jenis di antaranya sangat berpotensi menyebabkan penyakit baik pada manusia maupun hewan, yaitu aflatoksin, okratoksin A, zearalenon, trikotesena (deoksini-valenol, toksin T2) dan fumonisin. Sekitar 25-50% komoditas pertanian terkontaminasi kelima jenis mikotoksin tersebut.

Aflatoksin

Aflatoksin berasal dari singkatan *Aspergillus flavus toxin*. Toksin ini pertama kali diketahui berasal dari cendawan *Aspergillus flavus* yang

berhasil diisolasi pada tahun 1960 di England. Yang menyebabkan kematian lebih dari 100.000 ekor turkey, dikenal sebagai "*Turkey X Disease*". *A. flavus*, penghasil utama aflatoksin umumnya hanya memproduksi aflatoksin B₁ dan B₂ (AFB₁ dan AFB₂). Sedangkan *A. parasiticus* memproduksi AFB₁, AFB₂, AFG₁, dan AFG₂ (Desjardins dan Hohn, 1997; Bennet dan Klich, 2003). *A. flavus* dan *A. parasiticus* ini tumbuh pada kisaran suhu 10-12°C sampai 42-43°C dengan suhu optimum 32-33°C dan pH optimum 6.

Di antara keempat jenis aflatoksin tersebut AFB₁ memiliki efek toksik yang paling tinggi. Mikotoksin ini bersifat karsinogenik, hepatotoksik, mutagenik, tremogenik dan sitotoksik (Albright, 2001), sehingga menjadi perhatian badan kesehatan dunia (WHO) dan dikategorikan sebagai karsinogenik gol 1A. Selain itu, aflatoksin juga bersifat immunosuppresif yang dapat menurunkan sistem kekebalan tubuh.

Di Indonesia, aflatoksin merupakan mikotoksin yang sering ditemukan pada produk-produk pertanian dan hasil olahan (Muhilal dan Karyadi, 1985; Diener *et al.*, 1987). Selain itu, residu aflatoksin dan metabolitnya juga ditemukan pada produk peternak seperti susu (Bahri *et al.*, 1995), telur (Maryam *et al.*, 1994), dan daging ayam (Maryam, 1996). Sudjadi *et al.* (1999) melaporkan bahwa 80 di antara 81 orang pasien (66 orang pria dan 15 orang wanita) menderita kanker hati karena mengkonsumsi oncom, tempe, kacang goreng, bumbu kacang, kecap dan ikan asin. AFB₁, AFG₁, dan AFM₁ terdeteksi pada contoh liver dari 58% pasien tersebut dengan konsentrasi di atas 400 µg/kg. Menurut Pitt (2000), kadar aflatoksin yang menyebabkan kematian pada manusia adalah 10 – 20 mg.

Okratoksin

Okratoksin, terutama Okratoksin A (OA) diketahui sebagai penyebab keracunan ginjal pada manusia maupun hewan, dan juga diduga bersifat karsinogenik. Okratoksin A ini pertama kali diisolasi pada tahun 1965 dari kapang *Aspergillus ochraceus*. Secara alami *A. ochraceus* terdapat pada tanaman yang mati atau busuk,

juga pada biji-bijian, kacang-kacangan dan buah-buahan. Selain *A.ochraceus*, OA juga dapat dihasilkan oleh *Penicillium viridicatum* (Kuiper-Goodman, 1996) yang terdapat pada biji-bijian di daerah beriklim sedang (temperate), seperti pada gandum di Eropa bagian utara.

P.viridicatum tumbuh pada suhu antara 0 – 31^o C dengan suhu optimal pada 20^oC dan pH optimum 6 – 7. *A.ochraceus* tumbuh pada suhu antara 8 – 37^oC. Saat ini diketahui sedikitnya 3 macam Okratoksin, yaitu Okratoksin A (OA), Okratoksin B (OB), dan Okratoksin C (OC). OA adalah yang paling toksik dan paling banyak ditemukan di alam. Okratoksin dapat menyebabkan keracunan pada liver dan ginjal (Prelusky *et al.*, 1994 dalam Desjardins dan Hohn,1997).

Zearalenon

Zearalenon adalah toksin estrogenik yang dihasilkan oleh cendawan *Fusarium graminearum*, *F. tricinatum*, dan *F. moniliforme*. Cendawan ini tumbuh pada suhu optimum 20 – 25^oC dan kelembaban 40 – 60 %. Zearalenon pertama kali diisolasi pada tahun 1962. Mikotoksin ini cukup stabil dan tahan terhadap suhu tinggi.

Hingga saat ini paling sedikit terdapat 6 macam turunan zearalenon, di antaranya α -zearalenon yang memiliki aktivitas estrogenik 3 kali lipat daripada senyawa induknya. Senyawa turunan lainnya adalah 6,8-dihidroksizearalenon, 8-hidroksizearalenon, 3-hidroksizearalenon, 7-dehidrozearalenon, dan 5- formilzearalenon. Komoditas yang banyak tercemar zearalenon adalah jagung, gandum, kacang kedelai, beras dan serelia lainnya.

Trikotesena

Mikotoksin golongan trikotesena dihasilkan oleh cendawan *Fusarium spp.*, *Trichoderma*, *Myrothecium*, *Trichothecium* dan *Stachybotrys*. Mikotoksin golongan ini dicirikan dengan adanya inti terpen pada senyawa tersebut. Toksin yang dihasilkan oleh cendawan-cendawan tersebut di antaranya adalah toksin T-2 yang merupakan jenis trikotesena paling toksik. Toksin ini menyebabkan iritasi kulit dan juga diketahui bersifat teratogenik. Selain toksin T-2, trikotesena lainnya seperti deoksinivalenol, nivalenol dapat

menyebabkan emesis dan muntah-muntah (Ueno *et al.*, 1972 dalam Sinha, 1993).

Toxin ini ditemukan pada produk cereal di Turkey (Omurtag dan Yazicioglu, 2006).

Fumonisin

Fumonisin termasuk kelompok toksin fusarium yang dihasilkan oleh cendawan *Fusarium spp.*, terutama *F. moniliforme* dan *F. proliferatum*. Mikotoksin ini relatif baru diketahui tahun 1850 di US dan pertama kali diisolasi dari *F. moniliforme* pada tahun 1988 (Desjardins dan Hohn, 1997). Selain *F. moniliforme* dan *F. proliferatum*, terdapat pula cendawan lain yang juga mampu memproduksi fumonisin, yaitu *F. nygamai*, *F. anthophilum*, *F. diamini* dan *F. napiforme*.

F. moniliforme tumbuh pada suhu optimal antara 22,5 – 27,5^o C dengan suhu maksimum 32 – 37^oC. Cendawan *Fusarium* ini tumbuh dan tersebar di berbagai negara di dunia, terutama negara beriklim tropis dan sub tropis. Komoditas pertanian yang sering dicemari cendawan ini adalah jagung, gandum, sorgum dan berbagai produk pertanian lainnya.

Keberadaan cendawan penghasil fumonisin dan kontaminasi fumonisin pada komoditi pertanian, terutama jagung di Indonesia telah dilaporkan oleh Miller *et al.* (1993), Trisiwi (1996), Ali *et al.*, 1998 dan Maryam (2000b). Meskipun kontaminasi fumonisin pada hewan dan manusia belum mendapat perhatian di Indonesia, namun keberadaannya perlu diwaspadai mengingat mikotoksin ini banyak ditemukan bersama-sama dengan aflatoksin sehingga dapat meningkatkan toksisitas kedua mikotoksin tersebut (Maryam, 2000a). Toksin fumonisin ditemukan pada beberapa tanaman obat dan teh herbal yang tersebar di pasar Turkey (Omurtag dan Yazicioglu, 2006).

CENDAWAN KONTAMINAN DAN MIKOTOKSIN PADA TUMBUHAN OBAT

Banyak orang berpendapat bahwa tumbuhan obat dan aromatik tidak akan ditumbuhi oleh cendawan kontaminan, karena bahan tersebut

mengandung minyak atsiri atau bahan aktif yang bersifat anti jamur (Patkar *et al.*, 1993). Hal ini juga didukung penelitian Rogmanoli *et al.* (2007), 56 % sampel tanaman obat dan aromatik yang dikoleksi dari pasar Italy dari tahun 2000-2005 ditumbuhi dengan subur cendawan kontaminan (10^4 cfu/g bahan), tetapi tidak mengandung aflatoksin.

Bagian daun dan batang tumbuhan sambung nyawa dimanfaatkan sebagai obat, untuk mengatasi demam dan disentri. Sedangkan daun jorong ungu digunakan untuk obat luka, mencret dan batuk. Jika cendawan *Curvularia* dan *Fusarium* terbawa dalam daun tumbuhan tersebut, maka dapat dibayangkan jumlah

mikotoksin yang akan dikonsumsi oleh manusia.

Buah *Azadirachta indica*, buah *Jatropha curcas*, akar *Morinda lucida* mengandung aflatoksin dan okratoksin A yang di produksi oleh cendawan *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* dan *A. ochraceus* (Efuntoye, 1999). Dari 100 sampel cabe yang diamati, 18 sampel mengandung aflatoksin B₁ dengan kadar di atas batas maksimum (5 µg/kg bahan) berdasarkan standar Turkish Food Codex dan European Commision (Aydin *et al.*, 2007). Pada serbuk tanaman sambiloto setelah disimpan selama 4 bulan pada suhu kamar mengandung aflatoksin B₁ 29,51 ppb/gr bahan (Miftahurohmah *et al.*, 2007).

Miftahurohmah *et al.* (2007) mengatakan

Tabel 1. Beberapa tumbuhan obat yang umum digunakan sebagai bahan campuran jamu di Indonesia dan Malaysia, serta kadar kontaminasi aflatoksin

Nama tumbuhan obat (nama umum/lokal; no. sampel) ^{a)}	Kadar Kontaminasi ^{b)}		
	Nol	Rendah	Tinggi
<i>Acorus calamus</i> rhizome (sweetflag; U14)	+ ^{c)}	- ^{d)}	-
<i>Alstoniae cortex</i> (kayu pulai; U9)	-	+	-
<i>Alium sativum</i> (bawang putih; U21)	-	+	-
<i>Amomum kepulaga</i> (kapolaga; U18)	+	-	-
<i>Andrographis herb</i> (hempedu bumi; U5, U9)	-	+	-
<i>Areca semen</i> (betel nut; U7,U8)	+	-	-
<i>Cassia angustifolia</i> (senna/gelenggang; U2)	-	+	-
<i>Cinnamomum burmanni</i> cortex (kayumanis; U6)	-	-	+
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> /iners/fructus (U2, U16, U19)	+	+	-
<i>Coriandri fructus</i> (buah ketumbar; U6)	-	-	+
<i>Coriandrum sativum</i> (daun ketumbar; U10, U14,U18,U19,U22)	+	-	-
<i>Croton caudatum</i> (manjakani; U14, U19,U22)	+	-	-
<i>Cuminum cyminum</i> (kumin; U18, U21)	+	+	-
<i>Curcuma domestica</i> rhizome (kunyit; U1, U5, U6, U8, U9, U15, U16, U18, U19, U21, U23)	+	+	+
<i>Eugenia/ Syzygium aromatica</i> (cengkeh, U10, U14, U18, U22)	+	-	-
<i>Eurycoma longifolia</i> radix (tongkat Ali; U10, U14, U15)	+	+	-
<i>Foeniculum vulgare</i> fructus (buah fennel; U4, U13, U19)	-	+	+
<i>Guazuma folium</i> (jati Belanda; U1, U8)	+	-	+
<i>Jatropha folium</i> (jarak pagar; U7, U8)	+	-	-
<i>Kaempferia galangal</i> rhizome (cekur; U3, U6, U10, U13)	+	+	+
<i>Labisia pumila</i> (kacip Fatimah; U12, U22)	+	-	+
<i>Languatis alpinia</i> (galangal; U11, U16, U18, U19, U21)	+	+	-
<i>Mentha piperita</i> (mentha; U17)	-	+	-
<i>Myristica semen</i> (pala; U11, U18, U21)	+	+	-
<i>Parameriae cortex</i> (kayu rapat; U1, U6, U22, U23)	+	+	+
<i>Pimpinella anisum</i> fructus (anis; U14, U18, U22)	+	-	-
<i>Piper nigrum</i> (lada; U16, U18, U19, U22)	+	+	-
<i>Quercus infec. Gallae</i> (manjakani; U1, U7, U8, U12, U22, U23)	+	+	+
<i>Smilax myosotiflora</i> (ubi jaga; U14)	+	-	-
<i>Tinospora caulist</i> (akar senentun; U5, U9)	-	+	-
<i>Trachyspermum ammi</i> (ajowan; U14, U18, U22)	+	-	-
<i>Usnea barbata</i> (janggut Adam; U22, U23)	+	+	-
<i>Zingiber officinale, Zingiber aromatica/ purpurei</i> rhizome (jahe; U1, U4, U5, U6, U11, U14, U18, U20, U21, U22)	+	+	+

Sumber : Ali *et al.*, 2005

Keterangan :

- Bahan baku penting dan umum digunakan dalam bahan campuran jamu di Malaysia dan Indonesia, hasil seleksi dari 60 jenis tanaman obat.
- Nol (tidak mengandung aflatoksin), Rendah (kadar total aflatoksin 0,03-0,30 µg/kg bahan), Tinggi (0,63-1,57 µg/kg bahan)
- Tumbuhan obat yang ditambahkan sebagai bahan baku campuran jamu sampel.
- Tumbuhan obat yang tidak ditambahkan sebagai bahan baku campuran jamu sampel.

bahwa pada tumbuhan obat seperti serbuk sambiloto (untuk obat diabetes, kolesterol, kanker, sinusitis dan gatal-gatal) didapatkan kontaminasi cendawan $4,36 \times 10^4$ cfu/g bahan, dan dideteksi mengandung aflatoksin B₁.

Sepuluh spesies cendawan ditemukan pada rimpang jahe dan kunyit di India pada kelembaban 4% yaitu *Absidia corymbifera*, *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Mucor pasillus*, *Scopulariopsis brevicaulis* (Aziz *et al.*, 1998). Hasil penelitian Mandeel (2005), *Aspergillus terreus*, *A. niger* dan *A. flavus* juga ditemukan pada rimpang jahe dan kunyit dengan kelembaban 13% yang diimpor dari India, Pakistan, Iran dan USA; kedua produk tanaman obat tersebut tersedia di pasar Bahrain untuk konsumsi masyarakat. Cendawan yang ditemukan pada jahe di Oman dengan kelembaban standar, yaitu *Aspergillus alternata*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. glaucus*, *A. nidulans*, *A. niger*, *Eurotium amstelodami*, *Mucor*, *Penicillium* spp., *Rhizopus nigricans*, *Rhizomucor* spp., *Syncephalastrum racemosum* (Elshafie *et al.*, 2002); semuanya berpotensi memproduksi mikotoksin yang berbahaya untuk dikonsumsi manusia.

Dari 23 produk jamu yang berasal dari Indonesia (14 sampel) dan Malaysia (9 sampel), dideteksi mengandung aflatoksin yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Beberapa tumbuhan obat yang dipakai sebagai bahan campuran jamu di Indonesia dan Malaysia dapat dilihat pada Tabel 1 (Ali *et al.*, 2005).

Kontaminasi aflatoksin yang tinggi ditemukan pada sampel jamu (U1, U12, U13, U20) yang mengandung *Curcuma*, *Labisa*, *Gallae*, *Parameriae*, *Guazuma* dan *Zingiber*. Juga pada sampel U6 yang mengandung *Cinnamomum*, *Coriandrum* dan *Kaempferia*. *Cinnamomum* dikenal sebagai anti jamur yang tinggi sehingga mampu menghambat perkembangan cendawan kontaminan, sedangkan *Curcuma*, *Coriandrum* dan *Zingiber* adalah anti jamur yang lemah (Ali *et al.*, 2005). Berdasarkan hal tersebut, tumbuhan *Coriandrum* (ketumbar), *Curcuma* (kunyit) dan *Zingiber* (jahe) memungkinkan menjadi sumber kontaminasi aflatoksin (Hikotoko *et al.*, 1978;

Ozcan, 1998; Gowda *et al.*, 2004). Belum ada informasi kemampuan anti jamur dari *Kaempferia* dan *Parameriae*. Jadi kelima tumbuhan ini perlu menjadi perhatian dalam hal genetika tumbuhan, budidaya, dan proses panennya; untuk menghindari bahan baku obat alami yang terkontaminasi cendawan penghasil aflatoksin.

Hasil penelitian terhadap beberapa tumbuhan obat khususnya bagian daun, diperoleh beberapa jenis cendawan patogen yang berpotensi menghasilkan mikotoksin. Di antaranya pada daun jorong ungu (*Stachytarpea mutabilis*) ditemukan *Curvularia* sp dan daun sambung nyawa (*Gynura procumbens*) *Fusarium* sp, kedua cendawan tersebut menyebabkan penyakit bercak daun. Pada daun tumbuhan jenis temu-temuan dan daun mengkudu (*Morinda citrifolia*) ditemukan *Colletotrichum* sp, patogen penyakit bercak daun. Di China ditemukan *Curvularia affinis*, patogen penyebab penyakit bercak daun pada tumbuhan *Festuca arundinacea* (Huang *et al.*, 2004). *Colletotrichum acutatum* menyebabkan penyakit antraknos pada strawberi (Leandro *et al.*, 2003) dan daun karet (Jayasinghe dan Fernando, 2000).

FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KONTAMINASI CENDAWAN

Produk pertanian terkontaminasi aflatoksin disebabkan beberapa faktor yaitu:

Genetik Tanaman

Menurut Kasno (2004), infeksi *A. flavus* dan produksi aflatoksin pada kacang tanah merupakan hasil interaksi antara faktor genetik dan lingkungan. Polong dan biji dari varietas yang secara genetik tahan terhadap infeksi *A. flavus* memperlihatkan laju perkembangan, perkecambahan, dan produksi aflatoksin yang lebih rendah dibanding varietas yang rentan pada lingkungan yang sama.

Penanganan Sebelum Panen

Hal ini berhubungan dengan stress kekeringan. Infeksi cendawan *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin terjadi pada biji kacang tanah dari tanaman yang mengalami cekaman

kekeringan pada fase generatif, terutama pada 3-6 minggu menjelang panen (Kasno, 2004)

Penanganan setelah panen, seperti umur panen, pengeringan dan penyimpanan pada kondisi yang tidak bagus (Diener *et al.*, 1987; Klich, 1987).

Biji kacang tanah yang dipanen terlalu muda atau terlalu tua mudah terinfeksi *A. flavus*. Demikian juga polong segar yang segera dikeringkan memperlihatkan tingkat infeksi *A. flavus* yang lebih sedikit dibandingkan dengan polong segar yang ditunda pengeringannya (Kasno, 2004). Penundaan pengeringan polong segar melebihi 48 jam setelah dipanen akan meningkatkan infeksi *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin (Kasno, 2004).

Kondisi optimal untuk pertumbuhan spesies cendawan kontaminan seperti *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Fusarium* adalah pada suhu 25°C, 30°C dan 37°C, serta pH 4 – 8 (Gock *et al.*, 2003). Kontaminasi aflatoksin yang umumnya terjadi pada produk obat herbal atau bahan baku tumbuhan obat karena pengeringan yang tidak sempurna pada saat proses penyiapan bahan atau karena proses penyimpanan yang tidak bagus (Ali *et al.*, 2005). Selain itu, kondisi yang tidak cukup bersih selama pengeringan, transportasi, dan penyimpanan dari produk pertanian seperti cabe menyebabkan tumbuhnya bakteri, cendawan dan mikotoksin (Aydin *et al.*, 2007).

UPAYA-UPAYA PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN KONTAMINASI MIKOTOKSIN

Strategi atau upaya-upaya untuk menekan produksi aflatoxin atau mikotoksin yang sudah diaplikasikan pada makanan dan tanaman pangan di antaranya adalah sebagai berikut.

Penggunaan Varietas Tahan *A. flavus*

Skrining varietas tahan terhadap kontaminasi cendawan toksigenik merupakan suatu cara mungkin dapat dilakukan, tapi sampai saat ini belum ada penelitian tentang hal tersebut di atas. Beberapa peneliti dari Amerika telah

mengidentifikasi dua galur jagung yang tahan terhadap infeksi *A. flavus* dan *F. moniliforme* (Bankole dan Adebajo, 2003).

Ketahanan merupakan tanggapan aktif dan dinamis inang terhadap patogen yang menyerangnya. Ketahanan hanya terjadi jika inang berinteraksi dengan patogen. Menurut Kasno (2004), ketahanan dan kepekaan varietas menggambarkan keadaan interaksi tanaman kacang tanah sebagai inang dan *A. flavus* sebagai patogen. Ketahanan inang tampak dari taraf penyakit atau kolonisasi cendawan *A. flavus* yang terjadi. Taraf penyakit yang rendah disebabkan oleh inkompatibilitas inang dan patogen pada kondisi lingkungan tertentu.

Adopsi Prosedur Budidaya yang Baik

Prosedur budidaya yang terstandar (sesuai SOP) sangat berpengaruh terhadap kontaminasi mikotoksin pada tanaman di lapangan. Avantaggio *et al.* (2002) mendapatkan tingginya tingkat kontaminasi fumonisin pada tanaman jagung yang dirusak oleh serangga. Saat ini belum ada penelitian pengaruh serangan hama atau penyakit terhadap tingkat kontaminasi mikotoksin pada tanaman obat.

Menurut Kasno *et al.* (2002), serangan penyakit daun dapat meningkatkan serangan cendawan *A. flavus*, meskipun tidak sebesar pengaruh kekeringan. Dengan mengendalikan penyakit daun, intensitas serangan *A. flavus* berkurang dari 13% menjadi 7%.

Manipulasi Lingkungan Tumbuh

Pengeringan bertujuan menurunkan kadar air polong dan biji kacang tanah dari 35-40% pada saat panen (bergantung pada umur masak) merupakan kadar air yang aman dari infeksi *A. flavus*. Kadar air biji 15-20% sangat kondusif bagi *A. flavus* untuk menghasilkan aflatoksin, dan pada kadar air 5-8% biji kacang tanah masih terkontaminasi aflatoksin setelah disimpan selama 3 bulan (Kasno, 2004). Kelembaban yang baik untuk biji kacang tanah antara 6,6-7,9% (Dharmaputra *et al.*, 2007). Begitu juga halnya terhadap bahan baku tumbuhan obat, perlu perhatian terhadap kadar air bahan saat

pengeringan dan suhu lingkungan penyimpanannya. Obat herbal hendaknya disimpan pada suhu rendah yaitu dibawah suhu 25°C.

Sanitasi

Ruangan tempat penyimpanan produk dan hasil panen tanaman perlu disanitasi, sebelum dijadikan tempat penyimpanan produk. Hal ini dapat menekan kontaminasi cendawan penghasil toksin.

Pestisida Nabati

Minyak atsiri dari *Ocimum basilicum*, *Cinnamomum cassia*, *Coriandrum sativum* dan *Laurus nobilis* pada konsentrasi 1 - 10% dapat mengendalikan cendawan aflatoksigenik dan menekan produksi aflatoksin *A. parasiticus* pada benih sorgum, jagung, melon dan kacang tanah (Atanda *et al.*, 2007). Hal ini mungkin dapat juga dilakukan pada benih tanaman obat dan rempah, dengan cara mencelupkan benih tersebut di dalam minyak atsiri tersebut di atas sebelum di tanam di lapangan.

Menurut hasil penelitian Miftahurohmah *et al.* (2008), formula minyak atsiri serai wangi konsentrasi 5% dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus* dan *Penicillium* (in vitro) sebesar 100%.

Fumigasi

Fumigasi benih dengan etilen oksida dan metil formate dapat menurunkan kontaminasi cendawan toksigenik pada benih kacang tanah dan melon di penyimpanan (Bankole, 1996). Hasil penelitian Kavita dan Reddy (2000), sodium klorida (2,5; 5,0 dan 10,0%), asam propionat (1,0; 2,5; dan 5%), asam asetat (1; 2,5; dan 5%) dapat menghambat produksi aflatoxin B₁ dari cendawan *A. flavus* yang diinokulasikan pada kacang tanah dan jagung yang di simpan dalam kantong goni.

Radiasi

Radiasi merupakan salah satu strategi untuk mencegah terjadinya kontaminasi aflatoksin pada suatu produk makanan. Menurut Aziz and Moussa (2002), produksi mikotoksin pada buah-buahan menurun seiring dengan peningkatan dosis radiasi.

Pengendalian Biologi

Salah satu strategi yang saat ini banyak dilakukan untuk menurunkan tingkat kontaminasi aflatoksin adalah pengendalian biologi dengan cara mengintroduksi strain *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus* yang atoksigenik pada tanah tempat tumbuh tanaman. Hasil penelitian Dorner *et al.* (1998), perlakuan (aplikasi) beberapa kombinasi *A. flavus* dan *A. parasiticus* yang atoksigenik pada tanah pertanaman kacang tanah di Amerika Serikat dapat menekan kontaminasi aflatoksin sebesar 74,3 – 99,9%, pada kapas 68 – 87% (Cotty, 1994). Saat ini belum ada penelitian aplikasi strain *A. flavus* yang tidak menghasilkan toksin (atoksigenik) pada tanah pertanaman obat, rempah dan aromatik, dalam rangka untuk menekan kontaminasi aflatoksin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Produk dan bahan baku tumbuhan obat banyak terkontaminasi oleh cendawan dan mikotoksin, antara lain sambiloto, jahe, kunyit, kencur, kayu rapat dll. Faktor-faktor penyebab adalah genetik tumbuhan, penanganan sebelum panen (perlakuan budidaya, stress lingkungan), dan penanganan setelah panen. Kondisi yang tidak cukup bersih selama pengeringan, transportasi, dan penyimpanan bahan baku atau produk, dapat menyebabkan tumbuhnya bakteri, cendawan dan mikotoksin. Oleh sebab itu, diharapkan dapat ditingkatkan kesadaran tentang pentingnya meningkatkan metode penyiapan bahan baku (seperti panen, pengeringan, transportasi dan penyimpanan) tumbuhan obat, yang bebas kontaminasi cendawan dan mikotoksin kepada konsumen, peneliti, petani dan pedagang. Selain itu, diperlukan program monitoring dan pemeriksaan sehingga menghasilkan banyak data tentang distribusi dan tingkat kontaminasi aflatoksin pada produk atau bahan baku tumbuhan obat yang beredar di pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Albright, D.M. 2001. Human health effects of airborne mycotoxin exposure in fungi-contaminated indoor environments. *American Society of Safety Engineers*:26-28.
- Ali, N.; Sardjono; A. Yamashita, and T. Yoshizawa. 1998. Natural occurrence of aflatoxins and fusarium mycotoxins (fumonisins, deoxinivalenol, nivalenol, and zearalenon) in corn from Indonesia. *Food. Add. Contaminant*. 15: 377-384.
- Ali, N.; N.H. Hashim; B. Saad; K. Safan; M. Nakajima and T. Yoshizawa. 2005. Evaluation of a method to determine the natural occurrence of aflatoxins in commercial traditional herbal medicines from Malaysia and Indonesia. *Food and Chemical Toxicology* 43:1763-1772.
- Anonymous. 2007. Fitofarmaka. <http://www.fitifarmaka.com> (diakses Maret 2007).
- Atanda, O.O.; I. Akpan and F. Oluwafemi. 2007. The potential of some spice essential oils in the control of *A. parasiticus* CFR 223 and aflatoxin production. *Food Control* 18:601-607.
- Avantaggio, G.; F. Quaranta; E. Desidero; and A. Visconti. 2002. Fumonisin contamination of maize hybrids visibly damaged by *Sesamia*. *J. Sci. Food Agriculture* 83:13-18.
- Aydin, A.; M.E. Erkan; R. Baskaya and G. Ciftcioglu. 2007. Determination of Aflatoxin B1 levels in powdered red pepper. *Food Control* 18:1015-1018
- Aziz, N.H., A. Youssef, Youssef, Z. Moheie, El-Fouly and L.A. Moussa. 1998. "Contamination of some common medicinal plant samples and spices by fungi and their mycotoxins". *Bot. Bull. Acad. Sin.* 39:279-285
- Aziz, N. H. and L.A.A. Moussa. 2002. Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits. *Food Control* 13:281-288.
- Bahri, S., Ohim, Maryam, R. 1995. Residu aflatoksin M1 pada susu sapi dan hubungannya dengan keberadaan aflatoksin M1 pada pakan sapi. Kumpulan Makalah Lengkap Kongres Nasional Perhimpunan Mikologi Kedokteran Manusia dan Hewan Indonesia I dan Temu Ilmiah. Bogor, 21-24 Juli 1994. p 269-275
- Bahri, S., Maryam, R dan Widiastuti, R. 2002. Materi Kuliah pada Workshop on "Grain and Feed Quality", Bogor 30 Januari -1 Pebruari 2002.
- Bankole, S.A. 1996. Effect of ethylene oxide and methyl formate fumigation on seeds mycoflora and germination of some stored oil seeds in Nigeria. *Crop Res.* 11:224-227.
- Bankole, S.A. and A. Adebajo. 2003. Mycotoxins in food in West Africa: current situation and possibilities of controlling it. *African Journal of Biotechnology* 2(9):254-263.
- Bennet, J.W. and M. Klich. 2003. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Review* 16(3): 497-516.
- Cole, R.J. and Cox, R.H. 1981. Handbook of Toxic Fungal Metabolites. Academic press, New York. p 1850
- Cotty, P.J. 1994. Influence of field application of an atoxigenic strain of *Aspergillus flavus* on the populations of *A. flavus* infecting cotton bolls and on the aflatoxin content of cotton seed. *Phytopathology* 84:1270-1277.
- Desjardins, A.E. and T.M. Hohn. 1997. Mycotoxins in Plant Pathogenesis. *MPMI* 10 (2):147-152.
- Dharmaputra, O. S.; I. Retnowati; S. Ambarwati and E. Maysra. 2007. *Aspergillus flavus* Infection and aflatoxin contamination in imported peanuts at various stages of delivery chain in West Java, Indonesia. Proceeding of The First International Conference on Crop Security 2005. p291-296.
- Diener, U.L.; R.J. Cole; T.H. Sanders; G.H. Payne; L.S. Lee and M.A. Klich. 1987.

- Epidemiology of aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. Annu. Rev. Phytopathol 25: 249-270.
- Dorner, J.W.; R.J. Cole and P.D. Blankenship. 1998. Effect of inoculum rate of biological control agents on preharvest aflatoxin contamination of peanuts. Biol. Control 12:171-176.
- Efuntoye, M.O. 1999. Mycotoxins of fungal strains from stored herbal plants and mycotoxin contents of Nigerian crude herbal drugs. Mycopathologia 147: 43-48.
- Elshafie, A. E.; T. A. Al-Rashdi; S.N. Al-Bahry and C.S. Bakheit. 2002. Fungi and aflatoxins associated with spices in the Sultanate of Oman. Mycopathologia 155: 155-160.
- Fernandez, M.; D.E. Noyola and S.N. Rossmann. 1999. Cutaneous phaeohyphomycosis caused by *Curvularia lunata* and a review of *Curvularia* infections in pediatrics. Pediatr. Infect. Dis. J. 18:727-731.
- Feuell, Aj. 1996. Aflatoxin in groundnuts. Part 9: Problems of detoxification. Tropical Science 8:61-70
- Gock, M.A.; A.D. Hocking; J.I. Pitt and P.G. Poulos. 2003. Influence of temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi. International Journal of Food and Microbiology 248:11-19.
- Gowda, N.K.S.; V. Malathi; R.U. Suganthi. 2004. Effect of some chemical and herbal compounds on growth of *Aspergillus parasiticus* and aflatoxins production. Animal Feed Science and Technology 116:281-291
- Halt, M. 1998. Moulds and mycotoxins on herb tea and medicinal plants. Eur. J. Epidemiol. 14:269-274
- Hitokoto, H.; S. Morozumi; T. Wauke; S. Sakai and H. Kurata. 1978. Fungal Contamination and Mycotoxin Detection of Powdered Herbal Drugs. Applied and Environmental Microbiology 36(2):252-256.
- Huang, J.B.; L.Z. Zheng and T.Hsiang. 2004. First report of leaf spot caused by *Curvularia affinis* on *Festuca arundinacea* in Hubei, China. Plant Disease 88(9):1048.
- Jayasinghe, C.K. and T.H.P.S. Fernando. 2000. Toxic activity from liquid culture of *Colletotrichum acutatum*. Mycopathologia 152:97-101.
- Kabak, B; A.D.W. Dobson and I. Var. 2006. "Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review". Critical Reviews in Food Science and Nutrition 46:593-619.
- Kasno, A.; Trustinah; J. Purnomo dan Moedjiono. 2002. Seleksi galur kacang tanah toleran kekeringan, tahan penyakit daun dan *Aspergillus flavus*. Laporan Teknik Tahun 2002. Balai Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian, Malang.
- Kasno, A. 2004. Pencegahan infeksi *Aspergillus flavus* dan kontaminasi aflatoksin pada kacang tanah. Jurnal Litbang Pertanian 23(3): 75-81.
- Kavita, W. and M.U. Reddy. 2000. Effect of chemicals on aflatoxin B₁ production, germination and viability in maize and groundnuts. Journal of Res. ANGRAU 28:57-64.
- Klich, M.A. 1987. Relation of plant water potential at flowering to subsequent cotton seed infection by *Aspergillus flavus*. Phytopathology 77: 739-741.
- Kuiper-Goodman, T. 1996. Risk assessment of ochratoxin A: An update. Food. Addit. Contam. 13 (Suppl): 553-557.
- Leandro, L.P.S.; M.L. Gleason; F.W. Nutter Jr.; S.N. Wegulo and P.M. Dixon. 2003. Strawberry plant extracts stimulate secondary conidiation by *Colletotrichum acutatum* on symptomless leaves. Phytopathology 93:1285-1291.
- Mandeeel, Q.A. 2005. Fungal contamination of some imported spice. Mycopathologia 159: 291-298.
- Maryam, R., Bahri, S., Zahari, P. 1994. Deteksi aflatoksin B₁, M₁ dan Aflatoksikol dalam Telur dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. Prosiding Teknologi Veteriner

- untu Kesehatan Hewan dan Keamanan Pangan. Bogor, 22-24 Maret 1994.
- Maryam, R. 1996. Residu Aflatoksin dan Metabolitnya dalam daging dan Hati Ayam. Prosiding Temu Ilmiah Nasional Bidang Veteriner, 236-339. Bogor, 12-13 Maret 1996.
- Maryam, R. 2000a. Fumonisin: Kelompok mikotoksin fusarium yang perlu diwaspadai. Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia (Indonesian Journal of Medical Mycology) 1(1): 51-57.
- Maryam, R. 2000b. Kontaminasi Fumonisin pada bahan pakan dan pakan ayam di Jawa Barat. Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner. Bogor, 18-19 September 2000. Pusat Penelitian Peternakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Hlm.538-542
- Midio, A.F.; R.R. Campos and M. Sabino. 2001. Occurrence of aflatoxins B1,B2, G1 and G2 in cooked food components of whole meals marketed in fast food outlets of the city of Sao Paulo, SP, Brazil. Food Additives and Contaminants 18:445-448
- Miftahurohmah, R.Noveriza dan B.Br. Sembiring. 2007. Jamur Kontaminan pada produk herbal. Makalah yang diseminarkan pada Seminar Nasional dan Pameran Perkembangan Teknologi Tanaman Obat dan Aromatik. Bogor, 6 September 2007. (*Unpublished*).
- Miftahurohmah, R. Noveriza dan A. Kardinan. 2008. Efektifitas formula serai wangi terhadap pertumbuhan beberapa cendawan kontaminan. (*Unpublished*).
- Miller, JD., Savard, ME., Sabilia, A., Rapior, S., Hocking, AD, Pitt, JI. 1993. Production of fumonisins and fusarins by *Fusarium moniliforme* from South East Asia. Mycologia 85(3): 385-391
- Muhilal and D.Karyadi. 1985. Aflatoxin in nuts and grains. Gizi Indonesia 10(1): 75-79
- Neucere, J.N.; A.H.J. Ullah and T.E. Cleveland. 1992. "Surface proteins of two aflatoxin producing isolates of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* mycelia. 1.A. Comparative Immunochemical profile". J. Agric. Food Chem. 40:1610-1612.
- Omurtag, G.Z. and D. Yazicioglu. 2006. A Review on fumonisin and trichothecene mycotoxins in foods consumed in Turkey. The Bulletin of the Istanbul Technical University Communicated 54 (4):39-44.
- Ozcan, M. 1998. Inhibitory effects of spice extracts on the growth of *Aspergillus parasiticus* NRRL 2999 strain. Zeitschrift fur Lebensmittel - Untersuchung und-Forschung A 207:253-255
- Patkar, K.L.; C.H. Usha; H.S. Shetty; N. Paster and J. Lacey. 1993. Effect of spice essential oils on growth and aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus*. Letters in Applied Microbiology 1 (2):49-51
- Pitt, J.I. 2000. Toxigenic fungi: which are important? Med. Mycol. 38 (suppl.1): 17-22.
- Rinaldi, M.G.; P. Philips; J.G. Schwartz. 1987. Human *Curvularia* infections. Report of 5 cases and review of the literature. Diag. Microbiol. Infect. Dis. 6:27-39.
- Romagnoli, B.; V. Menna; N. Gruppioni and C. Bergamini. 2007. Aflatoxins in spices, aromatic herbs, herb teas and medicinal plants marketed in Italy. Food Control 18:697-701
- Roy, A.K.; K.K. Sinha and H.K. Chourasia. 1988. Aflatoxin Contamination of Some Common Drug Plants. Applied and Environmental Microbiology 54(3):842-843.
- Sinha, K.K.1993. Mycotoxins. ASEAN Food Journal 8(3): 87-93
- Sudjadi, S., Machmud, M., Damardjati, D.S., Hidayat, A., Widowati, S., Widiati, A. 1999. Aflatoxin research in Indonesia. Elimination of Aflatoxin Contamination in Peanut. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. p.23-25
- Tassaneeyakul, W.; R. Fazeli; S. Porasuphatana and J. Bohm. 2004. Contamination of

- aflatoxins in herbal medicinal products in Thailand. *Mycopathologia* 158:239-244.
- Trisiwi. 1996. Identifikasi kapang penghasil mikotoksin pada pakan ayam pedaging dan petelur di kotamadya Bandar Lampung. Skripsi Sarjana, Universitas Lampung.
- Vurro, M.; A. Evidente; A. Andolfi; M.C. Zonno; F. Giordano and A. Motta. 1998. Brefeldin A and α,β -dehydrocurvularin, two phytotoxins from *Alternaria zinniae*, a biocontrol agent of *Xanthium occidentale*. *Plant Science* 138:67-79.
- Yau, Y.C.W; J. de Nanassy; and R.C. Summerbell. 1994. Fungal sternal wound infection due to *Curvularia lunata* in a neonate with congenital hearth disease: Case report and review. *Clin. Infect. Dis.* 19:735-740.