

## KERAGAAN KONTAMINAN MIKOTOKSIN PADA JAGUNG

Winda Haliza, S. Joni Munarso dan Miskiyah

*Balai Besar Pengembangan dan Penelitian Pascapanen Pertanian Bogor*

### ABSTRAK

Jagung merupakan komoditas pertanian penting di Indonesia. Umumnya komoditas pertanian tidak terkecuali jagung dapat berfungsi sebagai substrat bagi berbagai kapang penghasil mikotoksin seperti *Aspergillus* spp. dan *Fusarium* spp. Indonesia sebagai daerah tropis basah dengan fluktuasi kelembaban nisbi (RH) udara yang cukup tinggi memberikan kondisi yang sangat kondusif untuk perkembangbiakan kapang termasuk kapang toksigenik untuk memproduksi metabolit sekunder berupa mikotoksin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa jagung dapat terkontaminasi mikotoksin seperti aflatoxin, zearalenon, deoxinivalenol, moniliformin, fumonisin dan asam siklopiazonat (CPA), masing-masing dengan kisaran 9 ppb – 428 ppb, 0,2 – 37,5 ppm, 1,9 – 21,6 ppm, 1,04-12,06 ppm, 0,9 – 28 ppm, 1,9 – 4,8 ppm. Makalah ini membahas keragaan kontaminan mikotoksin pada jagung dan identifikasi tingkat kontaminan mikotoksin pada berbagai tingkat penanganan pascapanen mulai petani, pengumpul, dan pedagang. Pencegahan atau pengendalian dampak negatif dari kontaminan mikotoksin dapat dilakukan melalui perbaikan pada proses prapanen, panen, dan pascapanen baik secara fisik, kimia, dan biologis. Perlu dibuat peraturan dan pengawasan mengenai batas toleransi mikotoksin pada pangan, pedoman *Good Handling Practices* (GHP), dan dilakukannya *risk assessment* terhadap mikotoksin pada bahan pangan yang dikonsumsi manusia.

**Kata kunci :** Kontaminan, mikotoksin, jagung.

### ABSTRACT

Corn may play the role as substrates for fungus growing, such as *Aspergillus* spp. and *Fusarium* spp. Indonesia, as a tropical country, has a high rainfall, warm, and very humid climate. These factors are very conducive in supporting the fungus multiplication, including toxigenic fungus which produces mycotoxins, secondary metabolite substances. Previous research result on mycotoxins in Indonesia showed that corn had been contaminated by mycotoxins such as aflatoxin, zearalenon, deoxinivalenol, moniliformin, fumonisin, and cyclopiazonic acid (CPA), with various degree. Aflatoxin was the highest frequency contamination in corn. A prevention act should be taken through good handling technique of preharvest and postharvest of agriculture product. Most of all, risk assessment on the potential mycotoxins staple food in Indonesia is a must.

**Keywords :** Contamination, mycotoxins, corn

### PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian yang sangat penting bagi manusia dan ternak. Sebagai pangan pokok, jagung memang memperlihatkan sifat inferior, baik di pedesaan maupun di perkotaan, baik di Jawa maupun di luar Jawa. Namun, komoditas ini masih tetap merupakan penyumbang karbohidrat penting bagi penduduk pedesaan pada kelompok berpendapatan rendah (Suryana *et al.*, 1990). Jagung dapat berfungsi sebagai beras bila dinilai dari kandungan gizinya. Kandungan energi antara beras dan jagung relatif sama dalam setiap kilogramnya, bahkan protein jagung (82,8 g) lebih tinggi dari pada beras yang hanya 68 g (DepKes, 1990). Jagung dapat

dikonsumsi dalam berbagai bentuk, baik dalam bentuk segar maupun olahan. Jagung basah dengan kulit dan jagung pipilan banyak dikonsumsi oleh masyarakat di NTT, yang ditunjukkan oleh partisipasinya masing-masing sebesar 28,8% dan 33,5% (Ariani dan Pasandaran, 2003).

Data statistik NBM menunjukkan bahwa pada tahun 1998 konsumsi jagung untuk pangan di Indonesia mencapai 70%, dimana konsumsi jagung tersebut meningkat menjadi 6.09 juta ton dengan pertumbuhan rata-rata 3.70% per tahun (Swastika, 1998). Peningkatan pemanfaatan jagung umumnya terjadi bersamaan dengan berkembangnya industri pakan, terutama pakan ayam ras, baik pedaging maupun petelur. Menurut US Feed Grain Council (1999), saat ini sekitar 2,5 juta ton jagung digunakan untuk pakan dari 3,9 juta ton untuk pangan dan lainnya. Namun, peningkatan industri pakan ini tidak diikuti oleh penyediaan jagung yang memadai. Menurut Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, produksi jagung Indonesia tahun 2000 sebesar 9,1 juta ton. Sedangkan pabrik pakan sendiri membutuhkan jagung sekitar 2,5 juta ton pada tahun 2000 dan masih harus mengimpor jagung 1 juta ton.

Hal yang lebih penting untuk diperhatikan adalah peningkatan mutu jagung itu sendiri. Penanganan pascapanen yang tepat sangat penting dalam upaya mengurangi susut hasil, baik susut kuantitas maupun susut kualitas. Belum optimalnya penanganan pascapanen menyebabkan produk yang dihasilkan tidak mampu bersaing dipasar. Karena masalah yang sering muncul adalah mutu jagung yang kurang sesuai dengan standar dan harga yang relatif rendah. Dengan demikian, dalam penanganan pascapanen antara lain pemanenan, pengupasan, pengeringan, pemipilan, penyimpanan, pengangkutan, grading, dan standarisasi perlu untuk ditingkatkan kualitasnya dalam upaya meningkatkan daya saing jagung.

Permasalahan ini semakin diperparah dengan rawannya jagung terhadap kontaminasi mikotoksin. Jagung yang kaya akan karbohidrat merupakan substrat yang cocok untuk pertumbuhan kapang toksigenik dan pembentukan mikotoksin. Hal ini semakin ditunjang dengan kondisi iklim tropis Indonesia yang suhu, curah hujan dan kelembabannya cukup tinggi yang sangat mendukung berkembangbiaknya kapang penghasil mikotoksin tersebut. Bhat dan Miller (1991) menyatakan bahwa sekitar 25-50% komoditas pertanian tercemar mikotoksin dan mikotoksin yang dominan mencemari produk pertanian adalah aflatoksin, deoksinivalenol, zearalenon, okratoksin A dan fumonisin.

Jagung dapat terkontaminasi oleh konidia, spora dan potongan miselia kapang dari lingkungan. Kontaminasi dapat terjadi pada berbagai tingkatan, baik selama pertumbuhan, pemanenan, penyimpanan, tahapan pengolahan, maupun pada produk akhir. Selain keberadaan nutrisi, faktor lain yang penting pada pertumbuhan kapang dan pembentukan mikotoksin adalah suhu, aktivitas air ( $a_w$ ), pH, dan oksigen. Kapang memiliki kisaran  $a_w$  pertumbuhan secara lebar, antara 0,6-0,98, dan dengan kemampuannya tumbuh pada  $a_w$  rendah tersebut, banyak jenis pangan yang tidak dapat ditumbuhi oleh bakteri dapat ditumbuhi oleh kapang. Selain itu, kapang memiliki suhu pertumbuhan optimal antara 20°C-35°C dan memiliki rentang pH pertumbuhan yang sangat lebar, antara pH 3-8, bahkan beberapa kapang yang berkonidia mampu tumbuh pada pH 2 (Pitt dan Hocking, 1985). Data yang diperoleh dari Pitt *et al.* (1998), kapang yang menyerang jagung baik petani, pengumpul, pedagang pada daerah Bogor dan Yogyakarta adalah *Aspergillus flavus* 80% dari 82 sampel *Fusarium moniliforme* 73% dari sampel. *A. niger* (65%) dan *Eurotium rabrum* (54%).

Walaupun penelitian tentang mikotoksin ini sampai sekarang belum tuntas dan tidak setiap pangan yang tercemar oleh kapang selalu mengandung mikotoksin, sebab banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikotoksin pada pangan. Namun demikian, karena sangat banyaknya spesies kapang yang bersifat toksigenik, kontaminasi kapang pada jagung dan mikotoksin yang dihasilkan kapang tersebut perlu mendapat perhatian serius.

## KONTAMINAN MIKOTOKSIN ASPERGILLUS PADA JAGUNG

Kontaminasi kapang pada beberapa komoditas pertanian sebelum dan sesudah panen, selama penyimpanan dan distribusi telah menjadi masalah hampir diseluruh negara. Kapang yang tumbuh akan meyebabkan terjadinya kerusakan pangan yang bersangkutan, diantaranya kerusakan flavor, warna, pelunakan dan terbentuknya senyawa yang bersifat racun (mikotoksin). Terlebih lagi di negara tropis seperti Indonesia, dimana kontaminasi kapang dan mikotoksin telah menjadi masalah utama. Jagung merupakan komoditas yang paling sering terserang mikotoksin (Tabel 1). Mikotoksin yang banyak dijumpai pada hampir seluruh komoditas pertanian Indonesia adalah aflatoksin.

Tabel 1. Mikotoksin yang terdeteksi pada beberapa komoditas pertanian

Jenis Komoditas	Mikotoksin							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Beras	+		+	+				
Jagung	+	+		+		+		+
Kacang tanah	+				+			
Kedelai	+							
Biji kopi	+	+					+	
Biji coklat	+							

Sumber : Fardiaz (1996)

Keterangan:

A : aflatoxin; B: zearalenone; C: ochratoxin; D: trichothecena; E: citrinin; F: penicillic acid;

G: strerigmatocystin; H: fumonisin

Aflatoksin berasal dari singkatan *Aspergillus Flavus Toksin*. Aflatoksin adalah senyawa birufat, non polar, stabil terhadap panas, dan tahan perlakuan fisik maupun kimia. Dengan sifat-sifat ini aflatoksin yang sudah mencemari bahan makanan sulit untuk dihilangkan. Toksin ini pertama kali diketahui berasal dari kapang *Aspergillus flavus* yang berhasil diisolasi dari jagung merupakan penyebab utama kematian sekitar 100.000 ekor kalkun di Inggris pada tahun 1960 yang dikenal dengan penyakit X pada kalkun atau *Turkey X Disease*. Kapang utama penghasil aflatoksin adalah *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*. *Aspergillus flavus* umumnya hanya memproduksi AFB, sedangkan *A. paraciticus* dan *A. nomius* dapat memproduksi AFG (Kazokiewicz, 1994 ; Moss, 2002). *A. flavus* umumnya terdapat dimana-mana, sedangkan *A. parasiticus* dan *A. nomius* tidak demikian. Saat ini telah diketahui sedikitnya ada 4 macam aflatoksin alamiah yang paling sering dijumpai dan bersifat toksik yaitu AFB1, AFB2, AFG1 dan AFG2. Aflatoksin B1 merupakan aflatoksin yang paling toksik karena memiliki efek hepatotoksik, hepatokarsinogen (Grup A1), mutagenik, tetragenik dan imunosupresif (Bahri *et al.*, 2004).

Di Indonesia, aflatoksin merupakan mikotoksin utama yang banyak mencemari produk-produk pertanian terutama jagung. Kondisi atau mutu komoditas tersebut sangat mempengaruhi tingkat kontaminasi kapang toksigenik. Komoditas pertanian yang rusak dan berkadar air tinggi dan disimpan ditempat yang kurang baik akan sangat mudah terinfeksi baik oleh *A. flavus* maupun *A. parasiticus*. *A. flavus* dan *A. parasiticus* ini tumbuh pada kisaran suhu yang luas, yaitu dari 10-12°C sampai dengan 42-43°C dengan suhu optimum 32-33°C dan pH optimum 6 (Bahri *et al.*, 2004).

Data kontaminan aflatoksin pada jagung di Indonesia dari berbagai pustaka memperlihatkan tingkat kontaminan yang tinggi. Kandungan AFB1 pada jagung yang

dikumpulkan dari daerah Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali terdeteksi sebesar 299 ppb, 45 ppb, 27 ppb (Goto *et al.*, 1999). Ali *et al.* (1998) melaporkan kandungan AFB1 yang terdeteksi pada jagung yang berasal dari Surakarta, Purworejo, Yogyakarta sebesar 428 ppb, 49 ppb, 92 ppb sedangkan kandungan AFB2 yang terdeteksi sebesar 59 ppb, 9 ppb, 9 ppb. Kontaminan aflatoksin Indonesia dibandingkan dengan Negara Asia yang lain (Thailand dan Philipina) menduduki peringkat tertinggi (Yamashita *et al.*, 1995).

Survei yang dilakukan di empat kabupaten sentra produksi jagung Jawa Timur (Malang, Tuban, Kediri dan Sumenep), menunjukkan bahwa hampir 100% biji yang diambil baik dari petani, pengumpul maupun pedagang terinfeksi oleh kapang bermiselial putih dan hitam sebagai *Aspergillus* dan *Penicillium*. Hasil uji aflatoksin menunjukkan bahwa dari 115 sampel yang diambil dari petani, pengumpul dan pedagang, 27 sampel (23%) tidak terdeteksi aflatoksin, sedang 48 sampel (42%) dengan kontaminan < 20 ppb, 26 sampel (23%) dengan kontaminan 20-100 ppb dan 14 sampel (12%) dengan kontaminan > 100 ppb. Selanjutnya diperoleh 6 sampel memiliki kontaminan aflatoksin > 300 ppb dengan kontaminan tertinggi adalah 350 ppb. Kadar air jagung yang diuji berkisar antara 12,6 – 20,84% (Rahayu *et al.*, 2003).

Survei yang dilakukan tahun 1993/1994 oleh tim BIOTROP diperoleh hasil, dari 108 sampel jagung yang dikumpulkan dari petani dalam dua daerah (Lampung Tengah dan Kediri) mengandung 5-291 ppb AFB1, 87% sampel mengandung lebih dari 30 ppb AFB1 (Dharmaputra *et al.*, 1996). Survei sebelumnya November 1992, di beberapa lokasi di provinsi Lampung ditemukan keempat sumber yang diteliti, ternyata terserang *A. flavus* dengan konsentrasi aflatoksin relatif tinggi yaitu 23-367 ppb. Tiga puluh sampel mengandung aflatoksin lebih dari 30 ppb (Dharmaputra *et al.*, 1993).

Perlu diketahui bahwa kesepakatan terbaru tentang batas maksimum kadar aflatoksin yang diperbolehkan pada semua komoditas yang diperdagangkan di pasar dunia adalah 15 ppb, terutama di Amerika dan Eropa ditetapkan berkisar antara 5-20 ppb. Di Indonesia, Direktorat POM telah akan memberlakukan peraturan batas maksimum untuk AFB1 dan aflatoksin total sebesar 20 ppb dan 35 ppb. Pitt dan Hocking (1996), mengemukakan bahwa kadar aflatoksin pada beberapa bahan pangan di negara tropis telah melampaui batas toleransi. Bahkan diperkirakan bahwa jumlah kematian karena kanker hati yang disebabkan oleh aflatoksin di Indonesia lebih dari 20.000 orang per tahun.

Mikotoksin *Aspergillus* spp. lainnya yang ditemukan pada jagung adalah asam siklopiazonat (CPA), suatu mikotoksin dari golongan asam tetramik indol yang diproduksi oleh beberapa galur *Aspergillus* spp. dan *Penicillium* spp. telah dilaporkan oleh Widiastuti *et al.* (1988). Kandungan CPA yang terdeteksi cukup tinggi, berkisar antara 0.03 - 9,22 ppm dengan kandungan rata-rata 1.915 ppm dan lebih separuhnya mempunyai kadar di atas 1 ppm. Kadar CPA tertinggi ditemukan pada sampel jagung yang kondisinya tidak baik. Keberadaan CPA ini selalu diikuti dengan keberadaan keempat macam aflatoksin pada contoh yang sama, bahkan selain CPA juga dapat dideteksi adanya OA (Okratoksin A) pada satu contoh jagung yang diamati.

Selain itu keberadaan CPA pada jagung juga dilaporkan oleh Maryam (1994) yang memeriksa 32 sampel jagung yang dikirim peternak atau pabrik pakan ke Balai Penelitian Veteriner (Balitvet). Seluruh sampel yang diuji tersebut 100% positif CPA dengan kandungan rata-rata yang cukup tinggi. Keadaan ini cukup menarik perhatian akan kemungkinan dampak negatif yang ditimbulkannya.

Jenis mikotoksin yang diproduksi oleh kapang *Aspergillus* lainnya adalah Okratoksin, mikotoksin ini juga dapat dihasilkan dari spesies *Penicillium*. Saat ini telah diketahui paling sedikit ada 3 macam okratoksin, yaitu okratoksin A, okratoksin B, dan okratoksin C. OA adalah yang paling toksik dan paling banyak ditemukan di alam. Terutama okratoksin A (OA) diketahui sebagai penyebab keracunan ginjal pada hewan maupun manusia, bahkan akhir-akhir ini disinyalir mempunyai efek teratogenik, immunosupresif dan karsinogenik (Bahri dan Maryam, 2003).

Okratoksin A ini pertama kali diketahui pada tahun 1965 di Afrika Selatan yang diisolasi dari kapang *Aspergillus ochraceus*. Selain *A. ochraceus*, OA juga dapat dihasilkan oleh *Penicillium viridicatum* yang terdapat pada biji-bijian di daerah beriklim sedang. OA dapat ditemukan pada biji-bijian seperti kopi, gandum, selain itu OA dapat ditemukan pada berbagai produk ternak seperti daging babi dan daging ayam. Hal ini karena OA bersifat larut dalam lemak sehingga dapat tertimbun di bagian daging yang berlemak. Manusia dapat terpapar OA melalui produk ternak yang dikonsumsi (Bahri *et al.*, 2004).

Secara umum, kondisi optimal untuk produksi OA adalah kadar air 19-22% dengan temperatur 23°C (Boyles dan Eastridge, 2005). Kandungan OA yang terdeteksi pada jagung pernah dilaporkan oleh Widiastuti *et al.* (1988) sebesar 3 ppb dan dari hasil uji jagung oleh Balitvet (Anonimus, 2000) sebesar 68,441 ppb pada sampel dari berbagai daerah).

Batas maksimum OA pada biji-bijian menurut WHO adalah 5 ug/kg (5 ppb), diperkirakan batas maksimum OA pada biji-bijian dan produk olahannya berlaku pada perdagangan dunia yaitu 5 ug/kg.

## KOTAMINAN MIKOTOKSIN FUSARIUM PADA JAGUNG

Selain aflatoksin, mikotoksin *Fusarium* juga cukup banyak mencemari berbagai komoditas pertanian termasuk diantaranya jagung. Berbeda dengan kapang *Aspergillus* spp. atau *Penicillium* spp., hampir semua *Fusarium* spp. mampu menghasilkan mikotoksin. Beberapa mikotoksin penting yang dihasilkan oleh *Fusarium* spp. di antaranya adalah zearalenon, mikotoksin triketena (toksin T-2, deoksinivalenol, nivalenol, dan sebagainya), moniliformin, fumonisin, fusarin dan fusarokromanon. Mikotoksin tersebut bersifat toksik terhadap hewan dan manusia (Widiastuti, 2000a).

*Fusarium* spp. merupakan kapang yang banyak menginfeksi tanaman palawija terutama jagung. Infeksi *Fusarium* pada tanaman jagung mengakibatkan busuk batang, busuk tongkol dan hawar biji. Pada umumnya, kapang *Fusarium* spp. ini berkembangbiak dengan baik pada suhu yang relatif rendah (kurang dari 20°C). Dalam proses pertumbuhan *Fusarium* spp. membutuhkan kadar air yang tinggi (di atas 18% untuk pertumbuhan pada biji-bijian) dan pertumbuhannya akan terhambat bila kadar air kurang dari 20%. Kadar air di atas 23% dibutuhkan untuk pertumbuhan *Fusarium* spp. pada jagung (Ali *et al.*, 1998) sedangkan proses pembentukan toksin terjadi pada kondisi lingkungan lembab dan suhu rendah dengan jenis dan konsentrasi toksin yang dihasilkan sangat tergantung pada spesies *Fusarium* itu sendiri (Nelson *et al.*, 1993). Pada tanaman jagung, terbentuknya mikotoksin berlangsung selama masa pertumbuhan dan proses pematangan buah yang didukung oleh iklim. Data mengenai mikotoksin lain (deoksinivalenol, nivalenol, fumonisin dan zearalenon) pada jagung di Indonesia telah dilaporkan oleh berbagai peneliti walaupun masih sangat terbatas.

### Fumonisin

Fumonisin B1 dan Fumonisin B2 paling banyak mencemari jagung dalam jumlah cukup besar, seperti yang diungkapkan oleh Ali *et al.* (1998), kandungan Fumonisin B1 dari sampel jagung yang dikumpulkan dari Surakarta, Purworejo, Yogyakarta terdeteksi sebesar 2440 ppb, 668 ppb, 1390 ppb, sedangkan FB2 terdeteksi sebesar 376 ppb, 62 ppb, 376 ppb. Maryam (2000) juga melaporkan kandungan FB1 dari beberapa daerah di Jawa Barat (Bandung, Cianjur, Sukabumi, Bogor) yang tinggi masing-masing sebesar 11540

ppb, 8150 ppb, 28380 ppb, 3540 ppb dan pada sampel jagung asal Jawa Timur terdeteksi sebesar 514,25 ppb.

Fumonisin termasuk kelompok toksin *Fusarium* yang dihasilkan oleh kapang *Fusarium* spp., terutama *F. moniliforme* dan *F. proliferatum*. Mikotoksin ini relatif baru diketahui, yaitu pertama kali diisolasi dari *F. moniliforme* pada tahun 1988. *F. moniliforme* tumbuh pada suhu optimal antara 22,5°C - 27,5°C, sedangkan suhu maksimum pertumbuhannya adalah 32°C - 37°C. Kapang *Fusarium* ini tumbuh dan tersebar di berbagai negara di tropis dan subtropis. Infeksi *F. moniliforme* menyebabkan busuk batang dan tongkol tanaman jagung Di kawasan Asia Tenggara (termasuk Indonesia), *F. moniliforme* yang diisolasi dari jagung dilaporkan sangat berpotensi dalam memproduksi fumonisin (Widiastuti, 2000b).

Sampai saat ini, telah diketahui 11 jenis senyawa fumonisin, yaitu fumonisin B1 (FB1), FB2, FB3 dan FB4, kemudian fumonisin A1 (FA1) dan FA2, serta C1, C2, P1, P2 dan P3. Fumonisin B1 adalah fumonisin yang paling toksik dan dikenal juga dengan nama makrofusin. Kandungan fumonisin terutama FB1 yang tinggi pada jagung perlu mendapatkan perhatian serius, mengingat mikotoksin ini banyak ditemukan bersama-sama dengan aflatoksin dan mikotoksin lain sehingga dapat meningkatkan toksisitas mikotoksin tersebut (Maryam, 2000).

Fumonisin sendiri relatif baru diketahui ini diduga berkaitan erat dengan kasus *equine leucoencephalomalacia* (ELEM), yaitu penyakit syarat (neurotoksik) yang menyerang kuda di Amerika bertahun-tahun yang lalu sebelum mikotoksin tersebut diketahui. Pemberian FB1 pada kuda dengan konsentrasi 10 mg/kg selama 40-50 hari menyebabkan lesi pada otak, kerusakan hati, penyimpangan tingkah laku dan kematian. Penyakit lain yang sejak lama diketahui dan berhubungan erat dengan fumonisin adalah penyakit edema paru-paru pada babi yang disebut *porcine pulmonary edema* (PPE). Selain itu, FB1 bersifat hepatotoksik dan hepatokarsinogenik pada tikus (Bahri *et al.*, 2004).

Meskipun hingga saat ini belum ditemukan cara tepat untuk menurunkan FB1, namun FDA/USDA di Amerika Serikat telah menetapkan ambang batas maksimum untuk FB1 dalam pakan yang diperbolehkan, yaitu 5 mg/kg untuk kuda, 10mg/kg untuk babi dan 50 mg/kg untuk sapi (Bahri *et al.*, 2003).

### Moniliformin

Kontaminasi moniliformin telah dilaporkan oleh Maryam dan Zahari (1994) pada sampel jagung yang diperoleh dari dataran rendah perkebunan di Jawa Barat. Hasil analisis mikotoksin menunjukkan, bahwa jagung yang berasal dari dataran rendah tersebut mengandung moniliformin sebesar 1,04 - 12,06 ppm. Kapang yang menginfeksi jagung tersebut merupakan *F. moniliforme* yang menunjukkan warna putih sampai lembayung muda. Kapang lain yang juga dapat menghasilkan moniliformin adalah *F. acuminatum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans* (Widiastuti, 2000a).

Moniliforme merupakan jenis mikotoksin fusarium yang baru diketahui terdapat pada jagung Indonesia. Mikotoksin ini sangat beracun yang menyebabkan kematian yang sangat cepat pada hewan percobaan. Dosis mematikan ( $LD_{50}$ ) dari moniliformin berkisar antara 3-75,4 mg/kg bobot badan ayam dan itik. Pemberian 0,5-2,0 g pakan berkapang yang mengandung 11,3 mg/kg moniliformin mengakibatkan kematian pada anak itik dalam waktu 2 hari dengan ciri-ciri klinis yang ditunjukkan adalah melemahnya otot-otot, gangguan pernapasan, koma dan bahkan kematian (Widiastuti, 2000a).

## Zearalenon

Zearalenon (ZEN) disebut juga toksin F-2 merupakan toksin estrogenik yang dihasilkan antara lain kapang *Fusarium graminearum*. Mikotoksin ini pertama kali diisolasi pada tahun 1962. ZEN cukup stabil dan tahan terhadap suhu tinggi. Selain *F. graminearum*, beberapa kapang lain dapat memproduksi ZEN, yakni *F. tricinctum* dan *F. moniliforme*. Kapang ini tumbuh pada suhu optimum 20-25°C dan kelembaban 40-60% selama 1-3 minggu (Bahri *et al*, 2004). Zearalenon tersebut akan terbentuk pada suhu 8-15°C dengan kelembaban udara di atas 15-23% selama 2-6 minggu. Sampai saat ini, paling sedikit terdapat 6 macam turunan ZEN, antara lain  $\alpha$ -zearalenon yang memiliki aktivitas estrogenik 3 kali lipat dibandingkan dengan senyawa induknya. Senyawa turunan zearalenon yang lainnya adalah 6,8-dihidroksizearalenon, 8-dehidroksizearalenon, 3-dehidroksizearalenon, 7-dehidrozearalenon, dan 5-formilzearalenon (Widiastuti, 2000).

Komoditas yang paling banyak tercemari ZEN adalah jagung. Ali *et al.*, (1998) melaporkan jagung asal Jawa Tengah dari 16 sampel yang diuji 2 sampel (12%) mengandung ZEN dengan kandungan rata-rata 12 pbb. Maryam dan Zahari (1994) pernah melaporkan kandungan ZEN pada jagung dari dataran rendah lebih rendah (4,50 ppm) dari dataran tinggi (5,73 ppm). Kontaminan ZEN pada jagung busuk juga pernah dilaporkan sebesar 2490 pbb (Stoltz *et al* 1988) dan sebesar 6 pbb pada jagung yang digunakan untuk pakan (Widiastuti *et al*, 1998).

Zearalenon dan turunannya bersifat estrogenik terhadap babi, sapi perah, anak kambing, ayam, kalkun, tikus, kelinci dan manusia, namun hewan yang paling peka terhadap zearalenon adalah babi. Zearalenon yang dikonsumsi oleh hewan (babi) dapat terdeteksi residunya di dalam susu dalam bentuk b-zearalenon, a-zearalenon dan zearalenon dalam waktu kurang dari 48 jam dari pemberian awal dan dapat bertahan selama 5 hari sejak penghentian pemberian pakan yang terkontaminasi tersebut. Gejala klinis keracunan zearalenon adalah adanya sindrom estrogenik yang meliputi penurunan produksi, gangguan reproduksi, penyempitan ovarium.

Meskipun beberapa negara seperti Brazil telah menetapkan ambang batas zearalenon setinggi 200 mg/kg pada jagung dan Rumania 3 mg/kg pada semua makanan, namun hingga saat ini FDA/USDA belum menetapkan ambang batas maksimum untuk zearalenon yang diperbolehkan baik dalam pakan maupun bahan pakan.

## Deosinivalenol (DON) dan Nivalenol (NIV)

Kontaminasi zearalenon pada biji-bijian biasanya terdeteksi bersamaan dengan deosinivalenol, yang dalam hal ini konsentrasi deosinivalenol lebih tinggi dibandingkan dengan zearalenon (Widiastuti, 2000). Maryam (1994), melaporkan kandungan rata-rata DON pada jagung yang berasal dari dataran rendah lebih tinggi dari pada kandungan ZEN (4,50 ppm) pada sampel yang sama yaitu sebesar 5,66 ppm. Jagung busuk mengandung DON 970 pbb (Stoltz *et al*, 1988). Sedangkan Ali *et al* 1998 kandungan DON dan NIV yang terdeteksi pada sampel jagung yang berasal dari Jawa Tengah adalah 27 ppb dan 109 ppb.

Sumber utama DON dan NIV adalah *Fusarium graminearum* yang sering dijumpai pada jagung. *F. graminearum* merupakan kapang penyebab busuk tongkol pada jagung dan *head blight* pada gandum (Widiastuti, 2000). Menurut Maryam (1994) ciri jagung yang terinfeksi *Fusarium graminearum* adalah dengan indikasi kapang berwarna merah kehitaman. Ciri ini terlihat pada jagung yang berasal dari dataran tinggi. *F. graminearum* yang memproduksi DON, NIV dan zearalenon ini tumbuh pada suhu optimum 24-26°C.

Data yang diperlihatkan belum menggambarkan keadaan sebenarnya tentang keberadaan trikotesena pada bahan pangan di Indonesia. Hal ini karena penelitian mikotoksin di Indonesia masih belum mendapatkan perhatian/prioritas pemerintah. Jenis trikotesena yang baru diamati hanya DON dan NIV sedangkan jenis trikotesena yang paling toksik yaitu T-2 dan DAS belum terungkap. Walaupun DON merupakan yang paling rendah toksisitasnya api merupakan toksin yang paling banyak ditemukan mencemari berbagai komoditas pertanian seperti jagung.

## POTENSI BAHAYA YANG DITIMBULKAN OLEH KONTAMINAN MIKOTOKSIN

Berbagai informasi yang telah dikemukakan diatas menunjukkan bahwa masalah kontaminan mikotoksin pada bahan pangan perlu mendapat perhatian. Indonesia dengan iklim tropis dan suhu, curah hujan, serta kelembaban cukup tinggi, sangat mendukung untuk berkembangbiakan kapang dengan substrat yang cocok. Keadaan ini akan bertambah parah apabila bahan pangan atau bahan pakan tersebut bermutu rendah.

Walaupun data yang dapat disajikan belum lengkap namun data tersebut cukup berguna agar kita waspada terhadap bahaya mikotoksin pada bahan pangan. Dikhawatirkan gangguan kesehatan pada manusia akan terjadi apabila sering mengkonsumsi pangan yang telah tercemar oleh mikotoksin. Efek keracunan mikotoksin pada manusia bervariasi, tergantung sifat dan derajat toksisitas mikotoksin.

Manusia umumnya dapat terkontaminasi mikotoksin melalui berbagai cara, baik langsung maupun tidak langsung (Bahri, 2001). Manusia dapat terkontaminasi mikotoksin melalui empat cara : 1) mengkonsumsi bahan pangan nabati yang tercemar mikotoksin, 2) mengkonsumsi bahan pangan asal ternak yang mengandung mikotoksin primer maupun metabolitnya, 3) menghirup udara yang telah tercemar mikotoksin, 4) melalui pekerjaan sehari-hari (analisis, peneliti) yang sehari-harinya berhubungan langsung dengan penggunaan senyawa mikotoksin.

Keracunan aflatoksin dapat merusak hati sampai pada pembentukan kanker hati sampai pada pembentukan kanker hati (Moss, 1998 ; Bahri, 2001 ; Bahri *et al.*, 2004). Selain itu, keracunan aflatoksin pada konsentrasi sekitar 200 ppb dapat memberikan efek immunosupresif. Hal ini berkaitan dengan terhambatnya sintesis protein, termasuk sintesis protein fungsional seperti imunoglobulin G (IgG) dan imunoglobulin A (IgA). Azam dan Gabal (1998) dalam Bahri (2001), telah melakukan penelitian dan menyatakan bahwa pemberian pakan yang mengandung 200 ppb aflatoksin selama 4 minggu menunjukkan hasil kadar aflatoksin yang terdeteksi pada telur ayam sebesar 12 ppb. Efek immunosupresif ini dapat memberikan dampak negatif yang lebih luas karena perlindungan terhadap penyakit lain dengan memberikan vaksinasi tertentu akan kurang efektif.

Keracunan ZEN akan berpengaruh pada organ reproduksi, terutama berupa ketidakseimbangan kadar hormon estrogen pada hewan betina (Widiastuti, 2000a ; Bahri *et al.*, 2004). Keracunan DON pada manusia di India, Cina, Jepang dan Korea pada tahun 1988 memperlihatkan gejala yang tampak berupa anoreksia, muntah, sakit kepala, sakit perut, diare, mabuk dan kejang-kejang. DON dan NIV juga dapat menyebabkan berbagai efek imunologik pada hewan-hewan percobaan yang mengarah kepada meningkatnya kepekaan berbagai penyakit mikrobial. Kedua jenis trikotesena ini tidak bersifat karsinogenik, tetapi dapat bersinergi terhadap efek aflatoksin (Widiastuti, 2000a ; Bahri *et al.*, 2004).

Penyelidikan terhadap kasus kematian 49 ekor domba akibat DON telah dilakukan Bahri *et al.* (1990) dalam Bahri (1994), diketahui konsentrat domba telah tercemar DON dengan kadar 2,8 ppm sampai dengan 3,2 ppm. Sumber DON diketahui berasal dari *wheat pollard* (dengan kadar 9,15 ppm sampai dengan 9,6 ppm) yang



mengkontribusi 30% dari konsentrat. Setelah konsentrat diganti dengan bahan yang tidak tercemar DON, maka domba-domba sisa yang ada kembali sehat dan tidak terjadi kematian lagi.

Adakalanya berbagai macam jenis mikotoksin tersebut dapat dijumpai secara bersamaan pada sampel jagung yang sama (Maryam dan Zahari, 1994 ; Ali *et al.*, 1998). Keberadaan beberapa mikotoksin yang terdapat bersamaan pada sampel yang sama akan membahayakan ternak atau manusia yang mengkonsumsi bahan pangan atau pakan tersebut. Hal ini karena adanya efek sinergis yang ditimbulkan oleh kontaminan beberapa mikotoksin tersebut, misalnya keberadaan OA akan menghasilkan efek sinergis terhadap aflatoksin. Efek sinergis dari toksisitas mikotoksin juga dapat terjadi karena bersamaan dengan keberadaan infeksi penyakit tertentu seperti hepatitis B, sehingga efek hepatokarsinogenik aflatoksin akan semakin hebat (Moss, 1998). Demikian juga dengan kondisi status gizi atau kesehatan individu yang kurang baik menjadikan efek mikotoksin akan semakin meningkat (Moss, 1998).

Potensi bahaya jagung sebagai bahan pencemaran mikotoksin pada manusia akan meningkat pada mereka yang banyak mengkonsumsi jagung sebagai bahan pangan alternatif. Sementara itu pada hewan/ternak tampaknya sumber pencemaran mikotoksin adalah jagung yang berperan sebagai sumber pakan utama seperti pada pakan unggas komersial yang sekitar 50%.

Potensi bahaya mikotoksikosis pada hewan dan manusia di Indonesia juga diperkuat oleh pola makan masyarakat di pedesaan, dalam hal ini jagung berkualitas rendah yang masih dikonsumsi tanpa ada pengawasan dan penyortiran yang ketat ataupun usaha-usaha meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya mikotoksin terhadap kesehatan.

#### **PENANGANAN PRAPANEN DAN PASCAPANEN JAGUNG DAN DAMPAKNYA TERHADAP KONTAMINASI MIKOTOKSIN**

Sekitar 80% produksi jagung terkonsentrasi di Pulau Jawa (60%) dan Sumatera (20%). Propinsi penghasil jagung utama berturut-turut adalah Jawa Timur (37%), Jawa Tengah (18%), Lampung (11%), Sulawesi Selatan (9%), Sumatera Utara (5%), dan Nusa Tenggara Timur (5%). Budidaya jagung di Indonesia tersebar di beberapa agroekosistem seperti lahan kering, sawah tadah hujan, sawah beririgasi. Ekosistem jagung umumnya merupakan lahan marginal yang sebagian besar (89%) terdiri atas lahan tadah hujan, dan 59% diantaranya termasuk ke dalam katagori tingkat produktivitas rendah. Rata-rata nasional hasil jagung masih di bawah 3 ton per hektar.

Sebagian jagung ditanam pada musim hujan (Oktober-Januari) di lahan kering sehingga panen biasanya jatuh pada bulan Januari-April. Panen jagung dilakukan tergantung kondisi masing-masing wilayah dan biasanya dilakukan dengan dua cara. Pada daerah dengan curah hujan rendah, tongkol dibiarkan tetap pada tanaman hingga kering (kadar air 17-20%), kemudian jagung dipetik dengan meninggalkan kelobot pada tanaman. Untuk daerah dengan curah hujan cukup tinggi, petani biasanya memanen jagung ketika masih segar (kadar air 30-40%). Batang jagung dipotong dengan sabit pada ketinggian sejajar pinggang, kemudian jagung diambil dan kelobot dikupas (Purwadaria, 1988).

Petani di keempat daerah survei Jawa Timur (kabupaten Malang, Tuban, Kediri dan Sumenep) melakukan teknik pengeringan (dijemur) seperti yang dilakukan petani jagung umumnya. Teknik pengeringan umumnya sudah dilakukan pada saat jagung masih di lapang, sebelum panen dilakukan. Setelah kulit tongkol (kelobot) mengering maka batang dan daun dipangkas, jagung berkelobot tetap dibiarkan menempel pada batangnya sampai kering alami. Dengan berjalannya waktu maka terjadi penurunan kadar air biji. Berdasarkan penelitian Purwadaria (1988) dalam Subandi *et al.* (1998) bahwa penurunan

kadar air selain mempengaruhi berat jagung juga mempengaruhi mutu bijinya. Panen pada saat kadar air tinggi (35-40%) maka susut mutu 6-10%, sedangkan dengan kadar air rendah (17-20%) akan menurunkan susut mutu menjadi 5-9%.

Panen terbaik perlu memperhatikan dua hal, yaitu ketepatan umur panen dan cara panen. Panen pada umur optimum akan memperoleh jagung dengan mutu terbaik, sedangkan panen lebih awal akan menghasilkan jagung dengan kadar butir keriput yang tinggi dan panen pada fase kelewat matang menyebabkan biji banyak rusak. Biasanya jagung siap panen apabila kadar air biji mencapai 30-40% (Mudjisihono *et al.*, 1993). Namun, petani biasanya menentukan waktu panen berdasarkan kenampakan kelobot atau menduga umur tanaman saja.

Pada umumnya kadar air jagung yang baru saja dipanen masih tinggi, sehingga merupakan substrat yang sesuai untuk pertumbuhan kapang dan produksi mikotoksin. Selain itu praktek produksi jagung yang kurang baik dapat memberi peluang terhadap tingginya kontaminan mikotoksin. Pengerinan merupakan tahapan yang penting untuk mencegah jagung dari serangan cendawan. Pengerinan jagung dilakukan dengan dua tujuan yaitu pertama, agar biji mudah untuk dipipil dan terhindar dari kerusakan akibat kadar air yang tinggi; kedua, menurunkan kadar air biji sehingga siap disimpan untuk jangka waktu tertentu.

Pengerinan setelah panen akan menghindari biji jagung dari kontaminasi kapang seperti *A. flavus*. Karena infeksi kapang ini dapat terjadi bersamaan dengan perkembangan biji atau jamur menempel pada permukaan luar biji setelah biji mulai masak. Hal ini memungkinkan terjadinya kontaminasi aflatoksin pada saat panen, bahkan hingga 14 ppb. Penundaan pengerinan selama dua hari telah meningkatkan kontaminasi aflatoksin dari 14 menjadi 94 ppb (Subandi *et al.*, 1998). Oleh karena itu pengerinan untuk menurunkan kadar air hingga ke level aman dan merupakan tindakan yang sangat penting.

Berdasarkan survei dan pengambilan sampel jagung yang dilakukan pada musim kemarau dan hujan di kabupaten Lampung Tengah dan kabupaten Kediri (Dharmaputra *et al.*, 1993), sebagian petani dan pedagang pengumpul pedesaan menggunakan lantai jemur yang terbuat dari semen untuk mengeringkan jagung dengan bantuan sinar matahari. Kadar air jagung yang diperoleh dari petani dan pedagang pengumpul pedesaan pada musim hujan di kedua kabupaten tersebut lebih tinggi daripada musim kemarau. Pada kedua musim kadar air jagung yang diperoleh dari petani lebih tinggi daripada yang diperoleh dari pedagang pengumpul pedesaan. Butir jagung rusak yang diperoleh dari petani pada musim kemarau lebih tinggi daripada musim hujan. Pada tingkat petani, persentase biji jagung yang terserang oleh *A. flavus* di kabupaten Lampung Tengah lebih tinggi daripada di kabupaten Kediri.

Data yang hampir sama juga ditemukan pada petani jagung Jawa Timur, tingkat kontaminan aflatoksin sangat tinggi dari mulai tidak terdeteksi sampai >300 ppb. Kontaminan aflatoksin yang sangat tinggi ini sangat memprihatinkan, karena kontaminasi akan terus meningkat apabila saat jagung disimpan sebelum dipasarkan mendapat perlakuan yang tidak tepat.

Berdasarkan survei yang pernah dilakukan di daerah sentra produksi jagung menunjukkan bahwa populasi *A. flavus* pada jagung yang dikumpulkan dari petani, pedagang, pengumpul relatif tinggi dan terkontaminasi aflatoksin dengan konsentrasi yang juga relatif tinggi yaitu 23 - 367 ppb (daerah Lampung tahun 1992), kemudian 1993 - 1994 untuk daerah Lampung Tengah dan Kediri diperoleh 5-291 ppb pada musim kemarau dan 9 - 283 ppb pada musim hujan (tingkat petani), 10 - 104 (pada musim kemarau) dan 21 - 115 ppb pada musim hujan (tingkat pedagang pengumpul pedesaan).

Karena masalah yang sering muncul adalah mutu jagung yang kurang sesuai dengan standar dan harga yang relatif rendah. Dengan demikian, dalam penanganan pascapanen dibutuhkan pemipil, pengering, silo, gudang dan alat pengukur kadar air.

Ketersediaan peralatan ini di tingkat petani masih kurang sehingga penanganan pascapanen belum optimal, untuk peningkatan mutu jagung.

## PENGENDALIAN KONTAMINAN MIKOTOKSIN PADA JAGUNG

Penerapan Good Agricultural Practice (GAP) merupakan perlakuan sebelum panen yang dapat dilakukan untuk meminimalkan kontaminasi mikotoksin. Pemilihan varietas tanaman yang tahan terhadap serangan kapang toksigenik. Kemudian penanaman dapat dilakukan tindakan pengendalian biologis untuk mencegah infestasi kapang toksigenik pada tanaman tersebut, misalnya dengan menebarkan kapang nontoksigenik yang akan berkompetisi dengan kapang toksigenik sehingga perkembangbiakan kapang tersebut terhambat. Cara ini telah berhasil dilakukan oleh Cole and Doner (1999) pada kacang tanah, dimana dengan cara ini mampu mengurangi aflatoksin 30-90%. Sedangkan rotasi penanaman dapat dilakukan sehingga akan memutus perkembangbiakan kelompok toksigenik yang ada di dalam tanah.

Penentuan waktu panen terbaik jagung perlu dilakukan untuk menghasilkan mutu jagung yang baik. Karena panen yang kelewat matang dapat menyebabkan butir rusak dan panen terlalu awal dapat menyebabkan butir keriput, kedua hal ini dapat menyebabkan infestasi kapang toksigenik. Panen sebaiknya dilakukan pada musim kering bukan pada saat musim hujan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rahayu *et al.* (2003), dimana panen yang dilakukan pada musim kering memberikan kondisi pengeringan yang lebih intensif dibandingkan pada musim hujan. Skrining mikotoksin pada bahan pangan atau pakan dapat dilakukan dengan sederhana dengan pengamatan visual seperti yang dilaporkan Widiastuti *et al.* (1998) yang membagi beberapa tingkatan mutu jagung secara visual yang ternyata berkorelasi positif dengan kandungan aflatoksinya setelah dilakukan analisis secara kimia.

Sortasi, pengeringan, pemipilan, penyimpanan, jenis kemasan bahkan penggunaan senyawa fumigasi yang tepat merupakan perlakuan pascapanen yang dapat dilakukan untuk meminimalkan kontaminasi mikotoksin. Sortasi perlu dilakukan dengan memisahkan bahan yang berkapang, langkah ini sangat penting dilakukan untuk mengurangi kontaminasi aflatoksin pada produk akhir. Peralatan seperti Near Infra Red (NIR) dapat digunakan untuk memisahkan biji berkapang yang hanya membutuhkan beberapa menit saja untuk beberapa kilogram biji. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Dharmaputra *et al.* (1996), terdapat perbedaan yang nyata cara pengeringan tertentu dengan populasi kapang *A. flavus* dimana jagung yang dikeringkan sampai kadar air 17%, kemudian dipipil dan pengeringan dilanjutkan sampai kadar air 14% sebelum disimpan memiliki kontaminan *A. flavus* dengan jumlah yang lebih kecil.

Pengeringan hingga kadar air 13% yang tidak boleh ditunda, penyimpanan pada ruang yang kering dan bersih perlu disampaikan untuk petani, pengecer dan pedagang. Demikian pula insentif bagi petani, pengumpul dan pedagang yang mampu mempertahankan kebersihan biji dari infeksi kapang *A. flavus* dan kontaminan aflatoksin perlu ditingkatkan.

Cara memasak juga sangat menentukan derajat kerusakan senyawa mikotoksin. Kimura (1999) dalam Bahri (2001) menyatakan bahwa perebusan pada suhu 110°C tidak terlalu berpengaruh terhadap kandungan mikotoksin, tetapi cara memasak dengan menggoreng (suhu 150-180°C) dapat merusak mikotoksin. Kandungan NIV akan berkurang hingga 10% saja pada pemanggangan selama 15 menit.

Cukup banyak senyawa kimia yang dapat mengendalikan kontaminan mikotoksin pada bahan pangan atau pakan. Kalsium hidroksida, monometilamin, dan amonium hidroksida cukup efektif menekan kontaminasi ZEN pada jagung, sedangkan sodium bisulfit cukup efektif menekan kontaminasi aflatoksin pada jagung.

Pengendalian biologis merupakan salah satu alternatif dalam pengendalian mikotoksin pada bahan pangan atau pakan. Termasuk ke dalam cara ini adalah pengenceran bahan yang terkontaminasi dengan menambahkan bahan pangan atau pakan yang masih baik sehingga kandungan cemaran tersebut menjadi rendah. Pengendalian biologis yang paling banyak diterapkan adalah menambahkan senyawa yang dapat mengikat molekul mikotoksin pada pakan sehingga molekul mikotoksin tidak dapat diabsorpsi tubuh. Senyawa-senyawa yang dapat berperan sebagai pengikat mikotoksin antara lain adalah arang aktif, sodium bentonit, zeolit, aluminosilikat, GABA, kultur ragi, dan *Sacharomyces cerevisiae*. Pemberian 1,50% arang aktif dalam pakan yang mengandung sekitar 150 ppb aflatoksin dapat menghindari terjadinya aflatoksikosis. Arang aktif, selain efektif mengikat aflatoksin juga efektif terhadap OA (Bahri, 2001).

Penggunaan enzim juga dapat menginaktivasi mikotoksin dalam tubuh pada proses metabolisme senyawa toksin tersebut. Dalam hal ini enzim estrase akan memecah cicin letone dari ZEN, sedangkan enzim epoksidase dapat memecah grup epoxy 12 dan 13 dari senyawa trikotesena, sehingga senyawa tersebut tidak toksik lagi.

Pencegahan kontaminasi jamur pada proses produksi hanya dapat dilakukan dengan membuat rencana pelaksanaan HACCP yang baik, dimulai dari membuat diskripsi proses, penentuan jenis bahaya, tingkat CP, kriteria kontrol, cara-cara memonitor dan menentukan tindakan yang diperlukan (Sardjono, 2003).

Pengendalian kondisi gudang penyimpanan bahan mentah sangat penting untuk menghambat pertumbuhan jamur pencemar demikian pula pemeriksaan terhadap bahan mentah sangat penting mengingat prevalensi cemaran yang cukup tinggi. Pengendalian yang tepat terhadap ruangan proses dan penyimpanan perlu dilakukan karena udara merupakan media utama terjadinya bahaya rekontaminasi oleh spora jamur, khususnya pada ruangan untuk penyimpanan sementara sebelum produk dikemas. Pengemasan menjadi jalan terbaik untuk meminimalkan kontaminasi.

Sterilisasi udara dengan cara filtrasi untuk tujuan aerasi memberikan kontribusi untuk memperkecil peluang terjadinya kontaminan. Karena spora/konidia jamur juga berbahaya bagi kesehatan karyawan, maka diperlukan upaya untuk mencegah terjadinya penyebaran spora baik di ruangan produksi maupun lingkungannya.

## KESIMPULAN

Berbagai komoditas pertanian sangat potensial tercemar berbagai mikotoksin. Jagung merupakan komoditas yang cukup banyak tercemar mikotoksin dan merupakan sumber pencemaran aflatoksin pada pakan. Aflatoksin merupakan mikotoksin yang paling banyak mencemari berbagai komoditas pertanian diikuti ZEN, DON, NIV, moniliformin dan CPA.

Mengingat frekuensi cemaran mikotoksin ini cukup tinggi dan dapat terjadi sepanjang tahun, peningkatan kewaspadaan dini untuk mengurangi kontaminasi perlu dilakukan dengan cara : 1) meningkatkan manajemen bercocok tanam yang baik, menggunakan varietas tanaman tahan serangan kapang toksigenik pada proses prapanen, serta pengolahan dan penyimpanan yang baik pada penanganan pascapanen, 2) mencegah dan menanggulangi kontaminasi mikotoksin secara baik secara fisik, kimia maupun biologis dan 3) melakukan program monitoring mikotoksin secara reguler.

Perlunya kerjasama untuk mendorong para pengambil keputusan melakukan langkah-langkah strategis dalam menanggulangi masalah mikotoksin. Praktek pertanian yang baik, praktek penanganan yang baik dan praktek produksi yang baik harus benar-benar diterapkan. Selain itu, perlunya pendidikan dan penyuluhan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya mikotoksin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N. Sardjono, A. Yamashita, T. Yoshizawa. 1998. Natural Occurrence of Aflatoksin and Fusarium Mycotoxins (Fumonisin, Deoxynivalenol, Nivalenol, and Zearalenone) in Corn from Indonesia. Food Add Contaminant. 15 : 337-348
- Agus, A., C.T. Noviandi S. wedhastri, Y.B. Maryuddhani, Nuryono, Sardjono and E. Razzazi. 2001. Survey on Aflatoksin B1 Contamination of Some Processed Peanuts Purchased from Market and Supermarket in around Yogyakarta-Indonesia. In. British Mycological Society-international Symposium. Bioactive Fungal Metabolites-impact and Exploitation. University of Wales Swansea, 22-27<sup>th</sup> April 2001
- Anonimus, 2000 Mikotoksin pada Contoh yang Dianalisa di Lab. Toksikologi- Balitvet periode 1996-2000
- Ariani, M. dan E. Pasandaran. 2003. Pola Konsumsi dan Permintaan Jagung untuk Pangan. Dalam Ekonomi Jagung Indonesia. Badan Litbang Pertanian-DEPTAN.211-227
- Bahri, S. 2001. Mewaspadai Cemarkan Mikotoksin pada Pangan, Pakan, dan Produk Perternakan di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian, 20 (2) : 55-64
- Bahri, S., R.Maryam dan R.Widiastuti. 2004. Tinjauan Efek Mikotoksin terhadap Performan Unggas. Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia, Vol. 4, No. 1-2/Vol.5, No.1-2, 53-64
- Bahri, S. dan R. Maryam. 2003. Mikotoksin Berbahaya dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan Hewan dan Manusia. Wartazoa, Vol.13, No.3 : 129-142
- Bahri, S., 1994. Tinjauan Kegiatan Penelitian Mikotoksin dan Mikotoksikosis di Balai Penelitian Veteriner. Dalam Kumpulan Makalah Lengkap Kongres Nasional Perhimpunan Mikologi Kedokteran Manusia dan Hewan Indonesia dan Temu Ilmiah. Bogor, 21-24 Juli 1994. p. 110-122.
- Boyles, S dan M. Eastridge. 2005. What Do I Do If Mycotoxin Are Present. Department of Animal Sciences. The Ohio State University. USA
- Cole, R.G. and J.W. Doner. 1999. Biological Control of Aflatoxin and Cyclopiazonic acid Contamination in Peanut. Proceed of International Symposium of Mycotoxicology. Japan : 70-73
- Dharmaputra, O.S., I. Retnowati, Sunjaya dan S. Ambarwati. 1993. Populasi *Aspergillus flavus* dan Kandungan Aflatoksin pada Jagung di Tingkat Petani dan Pedagang di Propinsi Lampung. Risalah Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Yogyakarta, 6—8 September 1993. p. 560-566

- Dharmaputra, O.S., I. Retnowati, H.K. Purwadaria and M. Sidik. 1996. Surveys on Postharvest Handling, *Aspergillus flavus* Infection and Aflatoxin Contamination of Maize Collected from Farmers and Traders. In Highley, E. And G.I. Johnson (eds.). Mycotoxin Contamination in Grain. ACIAR Technical Report 37, p.38 – 53.
- DepKes. 1990. Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia. Departemen Kesehatan, Jakarta.
- Fardiaz, S., 1996. Mycotoxin Contamination in Grain : Mycotoxin contamination of Grain- a Riview of Research in Indonesia. ACIAR. Australia. p. 112-119
- Goto, T., E. Ginting, S.S. Antarina, J.S. Utomo, Y. Ito, and S. Nikkuni. 1999. Aflatoxin Contamination and Fungi Isolated from Indonesian Agricultural Commodities. In Mycotoxin Contamination : Health Risk and Prevention Project. Proceeding of International Symposium of Mycotoxicology, Chiba, Japan September 9-10. p. 211-215
- Kozakiewics, Z. 1996. Mycotoxin Contamination in Grain : Occurance and Significance of Storage Fungi Associated Mycotoxins in Rice and Cereal Grain. ACIAR. Australia. p. 18-19
- Maryam, R dan P. Zahari. 1994. Mikotoksin Fusarium pada Jagung yang Berasal dari Dataran Tinggi dan Dataran Rendah. Kumpulan Makalah Lengkap. Kongres Nasional Perhimpunan Mikologi Kedokteran Manusia dan Hewan Indonesia I dan Temu Ilmiah. Bogor, 21-24 juli 1994 : 276-282
- Maryam, R. 1994. Kontaminasi Asam Siklopiazonat dan Aflatoksin pada Jagung. Kumpulan Makalah Lengkap. Kongres Nasional Perhimpunan Mikologi Kedokteran Manusia dan Hewan Indonesia I dan Temu Ilmiah. Bogor, 21-24 juli 1994 : 289-293
- Maryam R., Indraningsih, Yuningsih. 1994. Senyawa Toksik dan Bahan Kimia pada Pakan Ternak asal Limbah Pertanian dan Agroindustri. Laporan Penelitian TA. 1993-1994
- Maryam, R. 2000. Laporan Penelitian TA. 2000. Balai Penelitian Veteriner.
- Moss, M.O. 2002. Risk Assessment for Aflotoxins in Foodstuffs. International Biodeterioration and Biodegradation. 50 : 137-142
- Mudjisihono, R., S.J. Munarso, dan Sutrisno. 1993. Teknologi Pascapanen dan Pengolahan Jagung. Buletin Teknik Sukamandi, No. 1, 49 hlm.
- Nelson P.E., A.E. Desjardins, R.D. Plattner. 1993. Fumonisin, Mycotoxins Produced by Fusarium species : Biology, Chemistry and Significance. Ann Rev Phytopath. 31 : 233 -152
- Pitt J.I. and A.D. Hocking. 1985. Fungi and Food Spoilage. Academic Press. Australia
- Pitt, J.I, A.D. Hocking, B.F. Miscamble, O.S. Dharmaputra, K.R. Kuswanto, E.S. Rahayu, Sardjono. 1998. Mycoflora of Food Commodities from Indonesia. J. Food Mycol. 1(1) : 41-60.

- Pitt, J.I. dan A.D. Hocking. 1996. Mycotoxin Contamination in Grain : Mycotoxin contamination of Grain- a Riview of Research in Indonesia. ACIAR. Australia. p.1-5
- Purwadaria, H.K. 1988. Teknologi Penanganan Pascapanen Jagung. Departemen Pertanian-UNDP-FAO, Jakarta.
- Rahayu, E.S., S. Raharjo dan A.A. Rahmianna. 2003. Cemaran Aflatoksin pada Produksi Jagung di Daerah Jawa Timur. Agritech. 23 (4) : 174-183
- Sardjono. 2003. Occurrence and Detoxincation of Mycotoxins in Food. Agritech. 23(2) : 97-102.
- Subandi. 1998. Corn Varietal Improvement in Indonesia : Progress and Future Strategies. Indon. Agric. Res. Dev. J. 20 (1) : 1-13
- Suryana, A., M. Arifin, dan Sumaryanto.1990. Konsumsi Jagung, Ubikayu dan Kedelai Rumah Tangga di Indonesia. Biro Perencanaan, Depatemen Pertanian, Jakarta.
- Stoltz, D.R, R.Maryam, R.Widiastuti, S. Bahri and Blaney. 1988. Fusarium Toxins in Preharvest Corn in Cental Java. Proceeding the 6 th Congress FAVA, October 16-19, 1988, Denpasar, Bali. 217-274
- Swastika, D.K.S. 2002. Corn Self-Sufficiency in Indonesia : The Past 30 Years and Future Prospects. Jurnal Litbang Pertanian. 21 (3) : 75-83
- US Feed Grain Council. 1999. US Feed Grain Council. Jakarta
- Widiastuti R., R. Maryam, B.J Blaney, Salfina and D.R. Stoltz.1988. Cyclopiazonic Acid in Combination with Aflatoxin, Zearalenon and Ochratoxin A in Indonesia Corn. Mycopath. 104 : 135-156
- Widiastuti, R. 2000a. Mikotoksin yang Dihasilkan oleh Fusarium spp. dan Dampaknya terhadap Kesehatan Hewan dan Manusia. Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia. 2000 (1) : 43-49
- Widiastuti, R. 2000b. Fumonisin : Kelompok Mikotoksin Fusarium yang Perlu Diwaspadai. Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia. 2000 (1) : 51-57
- Widiastuti, R., R.Maryam, B.J. Blaney, Salfina and D.R. Stoltz. 1988. Corn as a Source of Mycotoxins in Indonesian Poultry and The Effectivenness of Visual Examination Methods for Detecting Contamination. Mycopathol. 102 : 45-49
- Widiastuti, R., R.Maryam, B.J. Blaney, Salfina and D.R. Stoltz. 1988. Cylopiazonic Acid in Combination with Aflatoxin, Zearalenon and Ochratoxin A in Indonesian corn. Mycopathol. 104 : 153-156
- Yamashita, A., T. Yoshizawa, Y. Aiura, P.C. Sanchez, E.I. Dizon, R.H. Arim and Sardjono. 1995. Fusarium Mycotoxins and Aflatoxins in Corn from Southeast Asia. Biosci.Biotech. Biochem. 59 (9) : 1804-1907