

KONTAMINASI MIKOTOKSIN PADA BUAH SEGAR DAN PRODUK OLAHANNYA SERTA PENANGGULANGANNYA

Miskiyah, Christina Winarti, dan Wisnu Broto

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Jalan Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
Telp. (0251) 8321762, 8350920 Faks. (0251) 8321762, E-mail: bb_pascapanen@litbang.deptan.go.id

Diajukan: 08 Desember 2009; Diterima: 30 April 2010

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara tropis yang memungkinkan aneka tanaman buah tumbuh dan berproduksi. Penerapan teknologi produksi dan penanganan pascapanen yang kurang memadai akan mengakibatkan inkonsistensi mutu buah yang dihasilkan. Kontaminasi mikotoksin merupakan salah satu masalah pascapanen produk pertanian di Indonesia. Penelitian mengenai kontaminasi mikotoksin pada komoditas buah di Indonesia belum banyak diungkapkan, namun penelitian sejenis sudah banyak dipublikasikan di luar negeri, terutama kontaminasi mikotoksin pada aneka buah subtropis. Beberapa jenis mikotoksin yang umumnya mencemari aneka buah subtropis dan produk olahannya adalah patulin, aflatoksin, okratoksin, dan alternariol. Genus kapang yang teridentifikasi pada buah dan berpotensi menghasilkan mikotoksin antara lain adalah *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., dan *Alternaria* sp. Penanganan pascapanen buah merupakan salah satu titik kritis terjadinya infeksi kapang penghasil mikotoksin. Penanganan buah seperti pemanenan yang tepat, penanganan pascapanen yang baik, pembuangan kotoran, dan pencucian dapat menurunkan tingkat kontaminan pada buah segar. Pada buah olahan seperti sari buah, untuk menurunkan kontaminan dapat dilakukan dengan penghilangan bagian buah yang berkapang, perlakuan enzim, dan penjernihan.

Kata kunci: Buah-buahan, penanganan pascapanen, kontaminasi, mikotoksin

ABSTRACT

Mycotoxin contaminations on fresh and processed fruits and its control

Indonesia is a tropical country which is suitable for fruit plants to grow and produce fruits. Inadequate application of production and postharvest handling technologies on fruits resulted in inconsistency in quality. Mycotoxin contamination is one of crucial problems in agricultural postharvest handling in Indonesia. Research on mycotoxin contamination on fruits has not yet conducted in Indonesia, but that information can be found in international research journals. There are some types of mycotoxins which usually exist on fruits including patulin, aflatoxin, ochratoxin, and alternariol. These mycotoxins are produced by *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., and *Alternaria* sp. Proper fruit handling such as harvesting, good handling practices, cleaning, and washing fresh fruits can decrease contamination level of mycotoxins. Meanwhile for fruit juice, decreasing mycotoxin contamination can be conducted with trimming followed by pressing using filtration, enzyme treatment, and fining (purification).

Keywords: Fruits, postharvest handling, contamination, mycotoxins

Indonesia merupakan penghasil buah-buahan yang sangat kaya dan beragam jenisnya. Produksi dan luas pertanaman buah-buahan cenderung meningkat. Namun, di balik potensinya yang sangat besar sebagai negara tropis yang memungkinkan beragam jenis buah dapat tumbuh dan berkembang, masalah mutu dan keamanannya masih perlu mendapat perhatian. Rendahnya mutu buah terutama

disebabkan oleh tingginya kontaminasi residu pestisida, logam berat, mikroba, dan sebagainya.

Iklim tropis dengan tingkat kelembapan yang tinggi menjadi faktor penyebab berkembangnya kapang yang mencemari aneka buah Indonesia, terutama kapang yang menghasilkan mikotoksin. Mikotoksin merupakan senyawa organik beracun hasil metabolisme sekunder dari

kapang (fungi, jamur, cendawan). Senyawa tersebut dapat mengganggu kesehatan manusia dan hewan dengan berbagai bentuk perubahan klinis dan patologis (BSN 2009). Mikotoksin perlu dikendalikan melalui penanganan prapanen sampai pascapanen.

Kapang penghasil mikotoksin dapat dengan mudah menginfeksi produk pangan, termasuk aneka buah. Pena-

nganan pascapanen buah yang tidak memadai mengakibatkan kerusakan fisik, misalnya memar akibat benturan atau jatuh selama transportasi. Buah memar atau yang mengalami kerusakan fisik lainnya akan mudah terinfeksi kapang, khususnya kapang penghasil mikotoksin, sehingga buah menjadi terkontaminasi mikotoksin dan cepat rusak.

Buah mempunyai karakteristik yang berbeda dengan produk sereal, yaitu mudah rusak (*perishable*) karena mempunyai kadar air tinggi (70–95%), tekstur lembut, dan daya simpannya hanya beberapa hari (FAO 1981). Sementara sereal mempunyai kadar air rendah (10–20%) dan bertekstur keras sehingga secara alami mempunyai daya simpan sampai beberapa tahun. Kehilangan pascapanen (*losses*) pada produk hortikultura berkisar antara 15–50%, antara lain karena buah busuk akibat infeksi bakteri maupun kapang (FAO 1981). Kim (2005) melaporkan tingkat kehilangan aneka buah di Korea berkisar antara 10–25%, meski penanganan pascapanen telah dilakukan dengan menggunakan fasilitas modern. Dengan asumsi tingkat kehilangan sebesar 25% maka kerugian ekonomi Indonesia dari devisa ekspor aneka buah ditaksir sekitar US\$58.966.861. Identifikasi penyebab kerusakan, tingkat kerusakan, tahapan kritis terjadinya kerusakan, dan tindakan pengendaliannya diperlukan untuk mengurangi kehilangan pascapanen.

Dengan mempertimbangkan risiko keamanan dan ekonomi akibat kontaminasi mikotoksin pada berbagai produk pangan, Badan Standardisasi Nasional (BSN) merasa perlu untuk menetapkan batas maksimal kandungan mikotoksin (aflatoxin, deoksinivalenol, fumonisin, okratoksin, dan patulin) dalam produk pangan yang diproduksi dan diedarkan di Indonesia (BSN 2009). Jenis mikotoksin yang sering terdapat pada aneka buah antara lain adalah patulin, aflatoxin, okratoksin, dan alternariol. Namun, pengetahuan yang mendalam mengenai mikotoksin, khususnya pada buah, masih terbatas. Oleh karena itu, paparan mengenai kapang yang mencemari aneka buah dan produk olahannya di Indonesia diharapkan dapat memperluas cakrawala dan mendorong berbagai pihak untuk berperan aktif dalam meningkatkan mutu dan keamanan aneka buah tropis asal Indonesia, termasuk produk olahannya.

PRODUKSI, EKSPOR, DAN IMPOR BUAH INDONESIA

Produksi buah-buahan Indonesia cenderung meningkat, yaitu dari 13.551.435 ton pada tahun 2003 menjadi 17.116.130 ton pada tahun 2007. Penerimaan negara yang ditunjukkan dengan nilai Produk Domestik Bruto (PDB) dari aneka buah mencapai Rp31.694,38 miliar pada tahun 2005 (Departemen Pertanian 2009). Kontribusi terbesar pada PDB diberikan oleh pisang dan berturut-turut diikuti oleh jeruk dan mangga. Sementara untuk ekspor-impor buah secara umum menunjukkan neraca negatif, yaitu nilai dan volume impor lebih besar dibandingkan dengan nilai dan volume eksportnya (Tabel 1). Buah yang diimpor tercatat sebagai buah lainnya yang kemungkinan tidak diproduksi di dalam negeri. Data Tabel 1 tersebut cukup merisaukan karena neraca ekspor-impor negatif juga diperlihatkan oleh jeruk, melon, pepaya, dan durian yang dapat diproduksi dengan baik di Indonesia. Hal tersebut menyiratkan rendahnya daya saing buah Indonesia di pasar domestik maupun internasional. Pemahaman mengenai standar mutu internasional dan negara tujuan ekspor juga menjadi salah satu faktor yang ditengarai berpengaruh besar terhadap daya saing. Fenomena tersebut mengisyaratkan agar pelaku usaha agribisnis

buah agar lebih mencermati pola produksi dan penanganan produk.

Komoditas buah unggulan yang dicanangkan untuk dikembangkan oleh Direktorat Jenderal Hortikultura meliputi pisang, mangga, manggis, jeruk, dan durian (Direktorat Jenderal Hortikultura 2005; Kementerian Pertanian 2009). Sementara dari sisi penelitian dan pengembangan sebagai sarana pendukung program Ditjen Hortikultura, komoditas buah dipilah menjadi buah prioritas (pisang, jeruk, manggis, dan mangga), buah unggulan (durian, pepaya, salak, nenas, apel, dan anggur), dan buah prospektif (semangka, melon, markisa, jambu, kesemek, rambutan, alpokat, sawo, biwa, belimbing, sirsak, nangka, dan duku). Pemilihan jenis buah yang akan dikembangkan tersebut juga dikemukakan Poerwanto (2005) dengan catatan sebagian besar jenis buah tersebut masih diproduksi secara tradisional hampir tanpa inovasi teknologi.

Penerapan teknologi produksi dan penanganan pascapanen buah yang tidak memadai akan mengakibatkan inkonsistensi mutu dengan tingkat kehilangan yang tinggi. FAO (1981) menengarai, masalah utama penanganan pascapanen buah antara lain adalah: 1) waktu pemanenan yang tidak tepat, 2) *over-packing* dan cara mengemas yang tidak tepat, 3) kerusakan fisik akibat benturan dan penanganan yang kasar,

Tabel 1. Nilai dan volume ekspor dan impor buah-buahan Indonesia tahun 2008.

Jenis buah	Ekspor		Impor	
	Nilai (US\$)	Volume (kg)	Nilai (US\$)	Volume (kg)
Nenas	204.552.168	269.663.512	1.995.258	2.013.741
Manggis	5.832.534	9.465.665	2.341	1.973
Pisang	988.914	1.969.871	65.501	55.632
Mangga	1.645.948	1.908.001	603.661	968.529
Jeruk	16.610.614	1.443.210	124.058.906	143.661.056
Melon	53.823	39.433	254.169	101.269
Jambu biji	123.190	54.434	78.207	126.411
Pepaya	567	479	96.040	163.175
Alpokat	143.721	118.966	36.826	34.507
Rambutan	421.034	724.766	Tidak ada data	Tidak ada data
Langsat/duku	10.292	44.585	72	90
Durian	84.130	32.615	30.829.557	24.679.376
Semangka	471.082	1.144.187	224.015	390.226
Buah lainnya	18.929.427	37.279.186	315.941.078	329.766.733
Total	249.867.444	323.888.910	474.185.631	501.962.718

Sumber: Departemen Pertanian (2009, diolah).

dan 4) perubahan kimia selama proses penyimpanan. Faktor tersebut mengakibatkan rendahnya status jaminan keamanan aneka buah di Indonesia yang ditandai dengan tingkat kontaminasi yang tinggi. Penelitian mengenai kontaminan mikotoksin pada aneka buah belum banyak dilakukan di Indonesia. Namun, penelitian sejenis sudah banyak dilakukan di luar negeri, yang ditunjukkan dengan banyaknya hasil penelitian yang dipublikasikan (Burda 1992; Gokmen dan Acar 1998; Rhychlik dan Schieberle 1999; Baretta *et al.* 2000; Yurdun *et al.* 2001; Drusch dan Ragab 2003; Jackson *et al.* 2003; Moake *et al.* 2005).

KONTAMINASI KAPANG PADA BUAH

Kapang yang menginfeksi buah biasanya berasal dari spora yang menempel pada kulit buah. Infeksi kapang dapat terjadi saat buah belum dipanen maupun setelah dipanen. Proses infeksi akan dipercepat oleh kerusakan buah karena jatuh, perlakuan mekanis, dan infestasi serangga selama penanganan pascapanen sehingga kapang mampu menginfeksi sampai ke dalam daging buah. Menurut FAO (1981), pemetikan pada ujung tangkai buah atau menyisakan sedikit tangkai merupakan salah satu cara pemanenan yang sederhana, tetapi mampu mencegah infeksi kapang. Namun, cacat maupun luka pada buah akibat jatuh sering kali tidak dapat dihindari sehingga menjadi jalan masuk bagi infestasi serangga dan kapang. Data mengenai cemaran kapang pada buah di Indonesia masih terbatas. Namun, hasil penelitian Aminah dan Supraptini (2003) menunjukkan bahwa aneka buah rentan terhadap infeksi kapang (Tabel 2).

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa di antara genus kapang yang teridentifikasi pada buah, terdapat beberapa genus yang berpotensi menghasilkan mikotoksin, antara lain *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., dan *Alternaria* sp. Jenis mikotoksin yang diduga dihasilkan oleh genus kapang tersebut disajikan pada Tabel 3. Kapang umumnya teridentifikasi pada buah, yang ditandai dengan adanya noda warna hitam, sedangkan pada buah yang bebas noda tidak terdeteksi adanya jamur (Aminah dan Supraptini 2003).

Tabel 2. Genus kapang yang teridentifikasi pada buah dari pasar tradisional dan swalayan.

Jenis buah	Jenis kapang
Apel	<i>Fusarium</i> sp., <i>Aspergillus terreus</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
Salak	<i>Fusarium</i> sp., <i>A. candidus</i>
Alpoklat	<i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
Anggur	<i>Fusarium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
Pisang	<i>Fusarium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Mucor</i> sp.
Kelengkeng	<i>A. candidus</i> , <i>Rhizopus</i> sp.
Duku	<i>A. candidus</i> , <i>Fusarium</i> sp.
Sawo	<i>A. candidus</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
Belimbing	<i>Fusarium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Homodendrum</i> sp.
Jeruk	<i>Fusarium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Homodendrum</i> sp., <i>Clandosporium</i> , <i>Alternaria</i> sp.
Semangka	<i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.

Sumber: Aminah dan Supraptini (2003, diolah).

Tabel 3. Mikotoksin yang dihasilkan oleh kapang.

Kapang	Jenis mikotoksin
<i>Fusarium</i> sp.	Dioksinivalenol, T2 toksin, zearalenon, moniliformin, fumonisin
<i>Aspergillus terreus</i>	Citreoviridin, terreic acid, patulin
<i>Aspergillus</i> sp.	Aflatoksin, asam kojat, asam aspergilat, asam siklopiazonat, patulin, stereoviridin, fumigatin, okratoksin, sterigmatosistin, viriditoksin, sitrinin, palmotoksin, rubratoksin, luteoskirin, dekumbin, viridikatin
<i>Penicillium</i> sp.	Patulin, okratoksin, sitrinin, luteoskirin, tremorgenik, rubratoksin, mikofenolat, griseofulvin, fenitren, asam sekalonat
<i>Alternaria</i> sp.	Asam tenuazonik

Sumber: Rahayu (2006).

MIKOTOKSIN UTAMA PADA BUAH

Mikotoksin merupakan racun yang dikeluarkan oleh kapang dan bersifat mengganggu kesehatan. Fox dan Cameron (1989) dalam Maryam (2002) menyebutkan bahwa mikotoksin merupakan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh spesies kapang tertentu selama pertumbuhannya pada bahan pangan maupun pakan. Konsumsi produk pangan yang terkontaminasi mikotoksin dapat menyebabkan terjadinya mikotoksikosis, yaitu gangguan kesehatan pada manusia dan hewan dengan berbagai bentuk perubahan klinis dan patologis, misalnya dapat menyebabkan penyakit kanker hati, degenerasi hati, demam, pembengkakan otak, ginjal, dan gangguan syaraf (Rahayu 2006).

Pada umumnya, mikotoksin bersifat kumulatif sehingga efeknya tidak dapat dirasakan secara cepat, tetapi harus melalui analisis laboratorium terlebih dahulu (Maryam 2002). Dijelaskan pula bahwa indikasi adanya cemaran mikotoksin dapat diketahui melalui adanya infestasi kapang. Namun, pertumbuhan kapang tidak selalu identik dengan produksi mikotoksin karena berkaitan dengan kondisi tertentu agar kapang mampu menghasilkan mikotoksin.

Patulin

Patulin (*4-hydroxy-4H-furo[3,2c]pyran-2(6H)-one*) merupakan racun metabolit yang diproduksi oleh sejumlah kapang (*Penicillium*, *Aspergillus*, dan *Byssoschlamys*) yang biasa terdapat pada buah dan produk olahannya, terutama apel, dan

juga ditemukan pada tomat, pisang, nenas, peach, aprikot, dan plum (Drusch dan Ragab 2003). Patulin dihasilkan oleh sekitar 60 spesies dari 30 genus jamur. Kapang penghasil patulin yang utama adalah *Penicillium expansum*. Infeksi *P. expansum* terutama disebabkan luka akibat serangga dan pengangkutan yang menyebabkan masuknya kapang melalui sistem vaskuler dan lentisel.

Penelitian mengenai kontaminasi patulin sudah banyak dilakukan di Amerika Serikat, Kanada, Inggris, Australia, New Zealand, Afrika Selatan, Turki, Brasil, Italia, dan Perancis (Moake *et al.* 2005). Baretta *et al.* (2000) mendapati patulin hingga 113.000 µg/kg pada apel yang memperlihatkan gejala pembusukan. Sementara Hasan (2000) yang menguji bagian apel yang busuk/berkapang maupun bagian sisanya menunjukkan bahwa masing-masing bagian apel tersebut positif mengandung patulin berturut-turut 1.000 µg dan 300 µg/kg. Gimeno (2005) mendeteksi kandungan patulin pada berbagai varietas apel Portugis antara 3–80,50 µg/kg. Data hasil penelitian mengenai kadar patulin di berbagai negara juga menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu contoh buah yang diuji positif mengandung patulin yang bervariasi dari < 10% sampai 100%.

Buah apel segar dari varietas Manalagi dan Fuji teridentifikasi tercemar kapang penghasil patulin, antara lain *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, dan *Aspergillus niger* (Winarti *et al.* 2009). Hasil analisis kadar patulin pada apel segar impor maupun domestik (apel Malang) dari berbagai lokasi dan tingkat pengambilan contoh, yaitu petani, pedagang, dan pasar swalayan menunjukkan bahwa beberapa sampel mengandung kadar patulin melebihi ambang batas yang ditetapkan WHO, yaitu 50 µg/l. Untuk apel impor yang diperoleh dari tingkat pedagang, beberapa sampel juga mengandung patulin melebihi ambang batas WHO. Pada sampel buah yang sudah mulai membusuk, kadar patulinnya sangat tinggi, mencapai 1,689 ppm (Winarti *et al.* 2009).

Sommer *et al.* dalam Drusch dan Ragab (2003) menyebutkan bahwa kehadiran spesies penghasil patulin pada buah tidak selalu menghasilkan patulin. Beberapa faktor seperti suhu inkubasi, ukuran luka, dan jenis substrat berperan penting dalam produksi patulin. Dijelaskan pula bahwa difusi patulin pada buah apel yang rusak/

busuk mencapai kedalaman 1–2 cm dari bagian yang terinfeksi.

Patulin pada produk olahan berbasis buah apel, seperti makanan bayi, *puree*, jus, dan cuka juga teridentifikasi mengandung patulin dari 5 µg hingga 733 µg/l (Burda 1992; Gokmen dan Acar 1998; Rhychlik dan Schieberle 1999; Baretta *et al.* 2000; Drusch dan Ragab 2003; Jackson *et al.* 2003; Yurdun *et al.* 2001; Moake *et al.* 2005). Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CCFAC) kini tengah mengembangkan peraturan baru mengenai kandungan mikotoksin (terutama patulin) pada apel, jus apel, dan produk yang mengandung apel. WHO merekomendasikan level patulin maksimal dalam jus apel 50 µg/l. Beberapa negara bahkan menetapkan standar yang lebih ketat, yaitu 25–35 µg/l. Selain itu, Joint Food and Agricultural Organization-WHO Expert Committee menetapkan maksimal *daily intake* patulin sebesar 0,40 µg/kg berat badan (WHO 1995). Di Indonesia, BSN (2009) menetapkan batas maksimal kandungan patulin 50 µg/kg (50 ppb) untuk sari buah apel, buah apel dalam kaleng, nektar apel, dan minuman beralkohol berbasis apel. Untuk *puree* apel, kandungan patulin ditetapkan maksimal 25 ppb, dan MP-ASI berbasis apel 10 ppb. Penetapan nilai patulin pada SNI tersebut masih bersifat adoptif dari standar negara lain yang dianggap lebih longgar, sedangkan kondisi tingkat kontaminasi yang sesungguhnya belum dapat dipastikan.

Aflatoksin

Aflatoksin merupakan salah satu dari lima mikotoksin yang harus diwaspadai

mengingat *Aspergillus sp.* sebagai produsennya banyak terdapat dan mencemari pangan dan produk pangan di Indonesia, serta racun yang dihasilkan bersifat karsinogenik, mutagenik, teratogenik, dan immunosupresif bagi manusia. Hasil penelitian aflatoksin yang terus berkembang sejak ditemukannya empat dekade silam memperlihatkan bahwa produksi aflatoksin merupakan hasil interaksi antara genotipe/strain dan lingkungan tempat tumbuh *Aspergillus sp.*

Saat ini dikenal enam jenis aflatoksin, yaitu B1, B2, G1, G2, M1, dan M2. Aflatoksin M1 dan M2 merupakan metabolit aflatoksin B1 dan B2 yang terhidroksilasi dan dapat dijumpai dalam susu dan olahan susu yang diperoleh dari hewan yang mengonsumsi pakan yang tercemar aflatoksin. Urutan tingkat toksisitas berdasarkan kajian efek aflatoksin terhadap sel hati secara *in vitro* adalah B1 > G1 > G2 > B2. Adapun karakteristik enam jenis aflatoksin tersebut disajikan pada Tabel 4.

Aflatoksin B1 merupakan jenis aflatoksin yang dominan pada jagung (tongkol dan pipilan 23–367,4 ppb) dan produk jagung (maizena, *popcorn*, dan krupuk 10–40 ppb) yang diperoleh dari petani, pengepul, pedagang pengumpul, pedagang besar, dan pasar swalayan (Dharmaputra *et al.* 1995; Dharmaputra dan Putri 1997). Hariyadi dan Setiastuty (1994) hanya mendapati cemaran aflatoksin B1 pada kacang tanah mentah yang diperoleh dari pedagang kecil, baik selama musim hujan maupun musim kemarau, dengan kisaran 2,50–5 ppb. Sementara Bahri dan Maryam (2003) mencatat cemaran aflatoksin pada jagung, kacang tanah, kacang atom, bumbu pecel, daging

Tabel 4. Karakteristik aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂, M₁, dan M₂.

Jenis aflatoksin	Formula	Bobot molekul	Titik leleh (°C)	Fluoresen	LD ₅₀ ¹ (mg/kg)
B1	C ₁₇ H ₁₂ O ₆	312	268–269	Biru	< 0,40
B2	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	314	286–289	Biru	1,6960
G1	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	244–246	Hijau	0,784–1,200
G2	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	229–231	Hijau	3,4500
M1	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	299	Biru-violet	0,3320
M2	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	293	Violet	1,2400

¹LD₅₀ untuk anak itik adalah takaran atau konsentrasi suatu senyawa yang dapat mematikan separuh (50%) populasi itik.

Sumber: Moreau (1979).

sapi, hati sapi, daging *broiler*, hati *broiler*, produk telur, pakan ayam, pakan itik, jamu, dan beras berkisar antara 0,33 ppb (pada hati sapi) dan 119 ppb (jagung). Hasil pengujian aflatoksin yang dilakukan Pusat Pengujian Obat dan Makanan Nasional (PPOMN) pada tahun 2001 terhadap kacang tanah tanpa kulit yang diambil dari 16 tempat penjualan di 10 kota besar memperlihatkan bahwa aflatoksin B1 terdeteksi pada semua contoh, aflatoksin B2 pada 13 contoh, aflatoksin G1 dan G2 masing-masing pada dua contoh. Kadar aflatoksin B1 dalam kacang tanah tanpa kulit berkisar antara 0,56–2.341,09 µg/kg. Perbedaan yang mencolok tersebut kemungkinan disebabkan oleh kondisi dan lama penyimpanan yang bervariasi. Hal serupa juga terjadi pada hasil pengujian aflatoksin pada kacang tanah berkulit (Rahayu dan Sparingga 2006).

Aflatoksin ditemukan pada aneka buah, terutama *fig fruits* dan jeruk (*citrus fruits*). Jenis aflatoksin yang ditemukan pada jeruk *orange* antara lain adalah aflatoksin B1, B2, G1, dan G2, demikian juga pada jusnya (Drusch dan Ragab 2003). Pada jus dan kulit jeruk *grapefruit* juga ditemukan empat jenis aflatoksin tersebut (Alderman dalam Drusch dan Ragab 2003). *Aspergillus flavus* tumbuh pada jeruk *orange* setelah kulitnya mulai rusak diserang mikroorganisme maupun serangga. Dijelaskan pula bahwa kulit jeruk *grapefruit* lebih rentan serangan *Aspergillus* daripada jusnya. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Winarti *et al.* (2006) menunjukkan bahwa mikotoksin jenis aflatoksin tidak terdeteksi pada buah jeruk segar maupun sari buahnya, produksi lokal maupun impor. Hasil identifikasi kapang pada buah jeruk siam Pontianak menunjukkan adanya kontaminan kapang *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., dan *Mucor* sp., sedangkan *A. flavus* dan *A. parasiticus* yang merupakan kapang penghasil aflatoksin tidak teridentifikasi.

Okratoksin (OA) dan Alternariol Toksin

Okratoksin A (OA) mengandung 7-*carboxy-5-chloro-8-hydroxy-3,4-dihidro-3R-methtylisocoumarine*, mempunyai aktivitas immunosupresif, menghambat glukoneogenesis pada ginjal (Steyn dan Vleggaar 1989), nepropati, tumor ginjal (Hsieh 1989), dan

karsinogenik (Maryam 2002). Manusia dapat terpapar okratoksin melalui konsumsi bahan pangan yang terkontaminasi *Penicillium* dan *Aspergillus*, serta produk daging dari ternak yang pakannya terkontaminasi okratoksin (Hald 1989). Kapang penghasil okratoksin A antara lain adalah *Aspergillus alliaceus*, *A. melleus*, *A. ostianus*, *A. petrakii*, *A. sclerotiorum*, *A. sulphureus*, *A. fumigatus*, *A. versicolor*, *A. carbonarius*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *P. verrucosum* (Drush dan Ragab 2003), dan *P. viridicatum* (Kuiper dan Goodman 1996 dalam Maryam 2002).

Okratoksin lebih sering terdeteksi pada anggur merah daripada anggur *rose* dan putih (Belli *et al.* 2002). Okratoksin A dikenal paling toksik dan paling banyak ditemukan di alam. Okratoksin A terdeteksi pada 45% contoh anggur putih, serta masing-masing 66% dan 71% pada anggur *rose* dan merah. Dijelaskan pula bahwa akumulasi OA berkaitan dengan suhu yang tinggi yang memicu pertumbuhan spesies *Aspergillus* penghasil OA lebih tinggi melampaui *Penicillium*. Selain itu, okratoksin juga banyak ditemukan pada kopi, daging babi, dan daging ayam (Maryam 2002; Yani 2008). Pada komoditas kopi, negara pengimpor mensyaratkan kadar OA yang sangat rendah, yaitu maksimum 4 ppb atau bahkan bebas OA.

Alternaria merupakan genus kapang yang secara alami menginfeksi buah, baik sebelum maupun setelah dipanen, dan menyebabkan bercak pada buah (Lawley 2006; Zhou dan Qiang 2008), busuk pada biji-bijian dan penyakit pada tanaman (Zhou dan Qiang 2008), yang pada kondisi yang cocok mampu menghasilkan toksin. Kapang ini bersama dengan *Fusarium* spp. sering disebut sebagai kapang lapangan karena umumnya menyerang tanaman saat masih tumbuh sampai panen (Ahmad 2009). Kapang tersebut sering menginfeksi serealia, biji bunga matahari, minyak zaitun, buah-buahan (Drush dan Ragab 2003; Lawley 2006), sayuran, serta produk olahan apel dan tomat (Harwig *et al.* 1979; Hsieh 1989). Jenis kapang lain yang mampu menghasilkan mikotoksin adalah *A. alternata*, yaitu *A. tenuissima*, dan *A. solani* (Drush dan Ragab 2003; Lawley 2006). Jenis toksin yang dihasilkan antara lain adalah asam tenuazonik, alternariol, dan alternariol metil ester (Hsieh 1989). Dijelaskan pula bahwa asam tenuazonic menyebabkan penyakit *Onyalai*, menimbulkan pengaruh yang

kronis dan akut (Lawley 2006), yaitu menghambat aktivitas antitumor, antiviral, antibakteri, dan mutagenik (Zhou dan Qiang 2008). Namun, selain patulin, WHO maupun FAO belum menetapkan batas minimal kandungan mikotoksin lain yang mengontaminasi buah segar maupun olahannya sehingga data mengenai kontaminan tersebut terbatas. Hal ini disebabkan masih terbatasnya data mengenai kasus kejadiannya pada bahan pangan dan paparan pada manusia (Lawley 2006).

PENANGANAN DAN PENANGGULANGAN MIKOTOKSIN SERTA PROSPEKNYA

Penanganan pascapanen buah merupakan salah satu titik kritis terjadinya infeksi kapang penghasil mikotoksin. Oleh karena itu, penanganan buah yang tepat diharapkan mampu menurunkan infeksi kapang. Proses pemanenan buah menggunakan tangan dan paparan sinar matahari efektif menurunkan tingkat kontaminasi mikotoksin pada *figs* (Ozay *et al.* 1995). FAO (1981) merekomendasikan pemanenan yang terorganisasi dengan baik untuk mengurangi kerusakan fisik akibat pemanenan. Aminah dan Supraptini (2003) berpendapat bahwa penanganan buah dapat dilakukan dengan membuang kotoran yang tertinggal. Selanjutnya buah dicuci, ditiriskan, dikeringanginkan, dilap dengan kertas tisu, serta diolesi minyak sayuran/krim untuk menutup pori-pori sehingga menghambat masuknya spora kapang pada buah.

Pengurangan kontaminan patulin hingga 99% pada sari buah dapat diperoleh dengan pengupasan kulit buah segarnya (Drusch dan Ragab 2003). Hasan (2000) menyatakan bahwa salah satu tahap penting untuk mencegah cemaran patulin pada sari buah apel adalah menghilangkan bagian buah yang berjamur sebelum diolah. Pengepresan yang diikuti dengan sentrifugasi mampu menurunkan kadar patulin hingga 89%, sedangkan jika menggunakan filtrasi, perlakuan enzim, dan penjernihan, kadar patulin berturut-turut menurun 70, 73, dan 77%.

Detoksifikasi aflatoksin dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya secara fisik dan kimia (Scott 1989). Amo-

nia/formaldehid dan sodium hipoklorit sering digunakan untuk menghilangkan aflatoksin pada kacang tanah dan biji kapas. Pada skala laboratorium, detoksifikasi dilakukan dengan pemanasan menggunakan *microwave*, degradasi secara fisik, dan pemanasan selama proses.

Salah satu metode detoksifikasi okratoksin (OA) adalah dengan penambahan NH_3 0,10; 1; dan 2% (Hald 1989). Sementara itu, Madsen *et al.* dalam Hald (1989), menganjurkan detoksifikasi OA dengan tiga cara, yaitu: 1) perlakuan dengan penambahan NH_3 5% selama 96 jam pada suhu 70°C , 2) pemanasan pada suhu 450°C , dan untuk biji-bijian mencapai 105°C dengan penambahan NaOH 0,50%, dan 3) autoklaf pada suhu 132°C selama 30 menit.

Penanganan pascapanen menjadi tahapan paling penting dalam kaitannya dengan kontaminan mikotoksin, khususnya pada buah. FAO (1981) menyebutkan bahwa di negara berkembang, konsumen umumnya lebih mengutamakan harga yang murah daripada kualitas. Persepsi tersebut tidak boleh terus berlanjut terkait dengan berlakunya perdagangan bebas ASEAN-Cina. Perbaikan kualitas melalui penanganan

pascapanen yang tepat pada aneka buah dan produk olahannya penting dilakukan agar produk dalam negeri dapat bersaing dengan produk impor.

Seiring makin tingginya kesadaran konsumen mengenai keamanan produk pangan, tuntutan akan tersedianya pangan yang bebas kontaminan pun makin besar. Tingginya kasus keracunan yang disebabkan konsumsi pangan dan makin banyaknya kasus gangguan kesehatan yang disebabkan kontaminan mengharuskan dilakukannya penelitian yang berkaitan dengan keamanan dan proteksi pangan, termasuk penelitian tentang mikotoksin. Namun, penelitian kontaminasi mikotoksin pada buah-buahan lokal maupun impor di Indonesia masih terbatas. Data mengenai kontaminan termasuk mikotoksin sangat berguna sebagai bukti ilmiah dalam penentuan standar mutu yang berkaitan dengan kebijakan sanitari dan pitosanitari (SPS), selain untuk melindungi konsumen dalam kaitannya dengan keamanan buah yang dikonsumsi. Data yang cukup juga diperlukan untuk menyusun pengujian risiko kontaminan pangan di Indonesia sehingga dapat melindungi konsumen.

KESIMPULAN

Aneka produk buah segar maupun olahan berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia dan menghasilkan devisa. Namun, tanpa penanganan yang baik, buah dan produk olahannya akan terinfeksi kapang penghasil mikotoksin yang akan menimbulkan kerugian ekonomi yang cukup besar.

Genus kapang yang teridentifikasi pada aneka buah dan berpotensi menghasilkan mikotoksin antara lain adalah *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., dan *Alternaria* sp. Jenis mikotoksin yang biasa terdapat pada aneka buah antara lain adalah patulin, aflatoksin, okratoksin, dan alternariol. Kontaminasi mikotoksin dapat terjadi pada tahap prapanen maupun pascapanen, serta selama pengolahan. Penanganan pascapanen buah segar yang tepat akan menurunkan tingkat kontaminasi, seperti pemanenan yang tepat, penanganan pascapanen yang baik, pembuangan kotoran, dan pencucian. Pada sari buah, pencegahan kontaminasi mikotoksin dapat dilakukan dengan membuang bagian buah yang berkapang sebelum diolah, perlakuan enzim, dan penjemihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R.Z. 2009. Cemaran kapang pada pakan dan pengendaliannya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 28(1): 15–22.
- Aminah, N.S. dan Supraptini. 2003. Jamur pada buah-buahan, sayuran, kaki lalat dan lingkungan di pasar tradisional dan swalayan. *Jurnal Ekologi Kesehatan* 2(3): 299–305.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2009. Batas kandungan mikotoksin dalam pangan. SNI 7385. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta. 24 hlm.
- Bahri, S. dan R. Maryam. 2003. Mikotoksin berbahaya dan pengaruhnya terhadap kesehatan hewan dan manusia. *Wartazoa* 13(3): 129–142.
- Baretta, B.A., C.L. Gaiaschi, and P. Restan. 2000. Patulin in apple-gasie foods: Occurrence and safety evaluations. *Food Addit. Contam.* 5: 399–406.
- Belli, N., S. Marin, V. Sanchis, and A.J. Ramos. 2002. Ochratoxin A (OTA) in wines, musts and grape juices: Occurrence, regulations and methods of analysis. *Food Sci. Technol. Int.* 8(6): 325–335.
- Burda, K. 1992. Incidence of patulin, apple, pear, and mixed fruits products marketed in New South Wales. *J. Food Protection*: 47: 637–646.
- Departemen Pertanian. 2009. Volume Ekspor, Nilai Ekspor, Volume Impor dan Nilai Impor Komoditas Buah-buahan di Indonesia. www.hortikultura.deptan.go.id. [29 Januari 2010].
- Dharmaputra, O.S., I. Retnowati, Sunjaya, dan S. Ambarwati. 1995. Populasi *A. flavus* dan kandungan aflatoxin pada jagung di tingkat petani dan pedagang di Provinsi Lampung. *Prosiding Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*, Yogyakarta, 6–8 September 1993.
- Dharmaputra, O.S. dan Putri. 1997. Populasi *Aspergillus flavus* dan Kandungan Aflatoksin pada Jagung, Pakan Ayam, dan Produk Olah Jagung. *BIOTROP*, Bogor. 8 hlm.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2005. Rencana Strategis 2005–2009. www.hortikultura.deptan.go.id. [29 Januari 2010].
- Drusch, S. and Ragab. 2003. Mycotoxins in fruits, fruit juices and dried fruits: Review. *J. Food Protection* 66: 1514–1527.
- FAO. 1981. Food Loss Prevention in Perishable Crops: II. Postharvest losses in perishable crops. FAO and UNEP, Rome, Italy. www.fao.org. [2 October 2008].
- Gimeno, A. 2005. Patulin and citrinin in Portuguese apples with rotten spots. *J. Food Protection* 68(7): 1–7.
- Gokmen, V. and J. Acar. 1998. Incidence of patulin in apple juice concentrates produced in Turkey. *J. Chromatogr. A* 815: 99–102.
- Hald, B. 1989. Human exposure to ochratoxin A. *In* S. Natori, K. Hashimoto, and Y. Ueno (Eds.). *Mycotoxins and Phycotoxins '88. A Collections on Invited Paper Presented at the Seventh International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins*, Tokyo, 16–18 August 1988. Elsevier, Amsterdam.
- Hariyadi, Y. dan E. Setiastuty. 1994. Karakteristik Aflatoksin B1, B2, G1, G2 dalam Kacang Tanah dan Bahan Pangan yang Menggunakan Kacang Tanah. *Pusat Studi Kebijakan Pangan dan Gizi, Lembaga Penelitian Institut Pertanian Bogor*.
- Harwig, J., P.M. Scott, D.G. Stoltz, and B.J. Blanchfield. 1979. Toxins of mold from decaying tomato fruit. *Appl. Environ. Microbiol.* 38(2): 267–274.
- Hasan, H.A.H. 2000. Patulin and aflatoxins in brown rot cession of apple fruits and their

- regulation. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 16: 607–612.
- Hsieh, D.P.H. 1989. Potential human health hazards of mycotoxins. *In* S. Natori, K. Hashimoto, and Y. Ueno, (Eds.). *Mycotoxins and Phycotoxins'88. A Collections on Invited Paper Presented at the Seventh International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins*, Tokyo, 16–18 August 1988. Elsevier, Amsterdam.
- Jackson, L.S., T. Beacham-Bowden, S.E. Keller, C. Adhikar, K.T. Taylor, S.Si. Chirtel, and R.I. Merker. 2003. Apple quality, storage, and washing treatments affect patulin levels in apple cider. *J. Food Protection* 66(4): 618–624.
- Kementerian Pertanian. 2009. Rancangan Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2010–2014. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Kim, J.G. 2005. Environmentally friendly post-harvest handling and processing technology for agricultural product differentiation to increase farmers income in Korea. Seminar on AT&T, Jakarta, 28 November–1 December 2005.
- Lawley, R. 2006. *Alternaria* Toxins. www.mycotoxinas.com.br.1-3. [12 June 2006].
- Maryam, R. 2002. Mewaspadai bahaya kontaminasi mikotoksin pada makanan. Tugas Kuliah Falsafah Sains, Institut Pertanian Bogor.
- Moake, M.M., O.I. Paddilla-Zahour, and R.W. Warobo. 2005. Comprehensive review of patulin control methods in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 1: 8–21.
- Moreau, C. 1979. *Moulds, Toxins and Foods*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Ozay, G., N. Aran, and M. Pala. 1995. Influence of harvesting and drying technologies on mycoflora and mycotoxin contamination of figs. *Nahrung* 39(2): 156–165.
- Poerwanto, R. 2005. Menarik investasi pembangunan kawasan sentra produksi buah berbasis mutu. *Prosiding Sinkronisasi Pelaksanaan Pengembangan Hortikultura*. Direktorat Jenderal Hortikultura, Jakarta. hlm. 14–20.
- Rahayu, W.P. 2006. Mikotoksin dan Mikotoksis: Mikrobiologi keamanan pangan. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu, W.P. dan R.A. Sparingga. 2006. Kajian risiko aflatoksin dan penyiapan regulasinya. *Workshop Aflatoksin Forum Indonesia ke-2*, Surabaya.
- Rhychlik, M. and P. Schieberle. 1999. Quantification of mycotoxins patulin by a stable isotope dilution assay. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3749–3755.
- Scott, P.M. 1989. Control of mycotoxins-An overview. *In* S. Natori, K. Hashimoto, and Y. Ueno (Eds.). *Mycotoxins and Phycotoxins'88. A Collections on Invited Paper Presented at the Seventh International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins*, Tokyo, 16–18 August 1988. Elsevier, Amsterdam.
- Steyn, P.S. and R. Vleggaar. 1989. Recent advances on the chemistry of mycotoxins. *In* S. Natori, K. Hashimoto, and Y. Ueno (Eds.). *Mycotoxins and Phycotoxins'88. A Collections on Invited Paper Presented at the Seventh International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins*, Tokyo, 16–18 August 1988. Elsevier, Amsterdam.
- WHO. 1995. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth Report of the Joint FAO-WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, Geneva. Technical Report Series 859: 36–38.
- Winarti, C., S.J. Munarso, W. Broto, Suismono, Murtiningsih, Misgiyarta, Miskiyah, N. Rahmawati, Widaningrum, H. Mulyana, L. Sukarno; Danuarsa, dan Wahyudiono. 2006. Identifikasi Kontaminan dan Perbaikan Mutu Produk Buah-Buahan. *Laporan Akhir Tahun*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- Winarti, C., Miskiyah, dan S.J. Munarso. 2009. Kontaminasi patulin pada buah dan produk olahan apel. *Buletin Pascapanen Pertanian* 5(1): 33–38.
- Yani, A. 2008. Infeksi cendawan pada biji kopi selama proses pengolahan primer (Studi kasus di Provinsi Bengkulu). *Jurnal Akta Agrosia* 11(1): 87–95.
- Yurdun, T., G.Z. Omurtag, and O. Ersay. 2001. Incidence of patulin in apple juices marketed in Turkey. *J. Food Protection* 11: 1851–1853.
- Zhou, B. and S. Qiang. 2008. Environmental, genetic, and cellular toxicity of tenuazonic acid isolated from *Alternaria alternata*. *African J. Biotechnol.* 7(8): 1151–1156.