

CENDAWAN PENGHASIL OKRATOKSIN PADA KOPI DAN CARA PENCEGAHANNYA

Alvi Yani

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung

ABSTRAK

Biji kopi yang disimpan dalam gudang penyimpanan akan mengalami penurunan kualitas dan kuantitas sebagai akibat dari interaksi antara faktor biotik dan abiotik dalam gudang penyimpanan. Faktor biotik utama yang mempengaruhi tingkat kerusakan biji kopi di tempat penyimpanan adalah serangga, sedangkan cendawan merupakan biotik kedua setelah serangga. Kerusakan yang disebabkan oleh serangan cendawan dapat mengakibatkan toksin pada biji kopi apabila didukung oleh lingkungan yang sesuai bagi cendawan untuk menghasilkan toksin tersebut. Adanya kontaminasi mikotoksin pada biji kopi atau produk kopi telah diketahui cukup lama, tetapi hal tersebut kurang diperhatikan, sampai adanya peraturan kandungan maksimum okratoksin-A di Italia. Untuk mengantisipasi ketentuan tersebut dan juga kemungkinan penerapan ketentuan yang sama oleh negara konsumen lainnya, maka perlu dilakukan suatu studi yang mendalam mengenai kondisi kontaminasi cendawan dan mikotoksin pada kopi. Beberapa spesies cendawan yang menyerang biji kopi mempunyai potensi menghasilkan mikotoksin. Dari beberapa penelitian diketahui bahwa spesies cendawan *Aspergillus*. sp dan *Penicillium*. sp dapat menyebabkan biji kopi terkontaminasi okratoksin. Upaya pencegahan pertumbuhan cendawan pada buah /biji kopi yang efektif adalah dengan mencegah kontaminasi sumber cendawan pada buah/biji kopi, dan membuat faktor pertumbuhan tidak optimum yaitu dengan menerapkan prinsip-prinsip GAP dan GMP kopi. Selain itu penyangraian (di atas 200°C) juga dapat mereduksi kandungan okratoksin dalam biji kopi.

Kata kunci: *Aspergillus*. sp , okratoksin, *Penicillium*. sp, pencegahan

ABSTRACT. Alvi Yani. 2007. Ochratoxin-producing fungus in coffee beans and its prevention method. Coffee beans which kept in storage will experience quality and quantity degradation as consequence of interaction between biotic and a biotic factor in storage. The primary biotic factor influencing of coffee beans deterioration in storage is insect, while fungal represent the second biotic factor after insect. The deterioration caused of fungal infection is able to produce toxin in coffee beans if supported by appropriate environment I to produce the toxin. Existence of mycotoxin contamination in coffee beans or coffee product have been known sufficiently long, but the mentioned less paid attention, until the existence of regulation of maximum Ochratoxin-A in Italian. To anticipate the possibility of similar regulation by other consumers country, it is important to conduct study on condition of fungal contamination and mycotoxin in coffee. Some fungal species infecting coffee beans have the potency to produce mycotoxin. Some research results has shown that fungal species *Aspergillus*. sp and *Penicillium*. sp be able to cause the coffee beans contaminated by ochratoxin. The effort of prevention of fungal growth in coffee berries/ coffee beans is by preventing contamination of is fungal source in coffee berries/coffee beans, and make the growth factor is not optimum that is by applying principles of Good Agriculture Practice (GAP) and Good Manufacturing Practice (GMP) for coffee. Roasting processs (more than 200°C) can also reduce the content ochratoxin in coffee beans.

Keywords : *Aspergillus*. sp, ochratoxin, *Penicillium*.sp, preventive

PENDAHULUAN

Komoditas kopi di Indonesia mempunyai peranan penting, baik sebagai sumber devisa maupun sebagai penunjang perekonomian rakyat. Indonesia termasuk negara kedua penghasil kopi di Asia setelah Vietnam. Pada tahun 2001 areal kopi di Indonesia meliputi 1.102.134 ha dengan total produksi mencapai 525.334 ton. Dari areal tersebut 1.036.172 ha merupakan perkebunan rakyat dengan produksi sebesar 487.008 ton ($\pm 95\%$) dan sisanya diusahakan oleh perkebunan besar. Selama tahun 2001 Indonesia telah mengekspor kopi sebesar 352.967 ton dengan nilai US \$ 467,858,000 (Direktorat Jendral Bina Produksi Perkebunan, 2002). Jumlah ekspor ini mengalami penurunan pada tahun 2002 menjadi 322.500 ton dengan nilai ekspor US \$ 218,800 dan tahun 2003 menjadi 229.700 ton dengan nilai ekspor US \$ 155,800 (Litbang Kompas 2004). Secara nasional kopi memberikan kontribusi yang cukup penting dalam memperoleh devisa negara lebih dari 75% produksi yang dihasilkan digunakan untuk memenuhi permintaan dunia. Kontribusi ekspor tahun 2001 adalah 9% dari perolehan subsidi perkebunan (Hasanah *et al.*, 2005).

Saat penyimpanan di gudang, biji kopi akan mengalami penurunan kualitas dan kuantitas sebagai akibat dari interaksi antara faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik utama penyebab kerusakan biji kopi selama penyimpanan adalah serangga, kemudian diikuti oleh cendawan (Subramanyam dan Hangstrum, 1995). Pada lingkungan yang sesuai, serangan cendawan dapat mengakibatkan kontaminasi toksin pada biji kopi, *Aspergillus ochraceus* dan *Penicillium verrucosum* dapat memproduksi okratoksin. Toksin OA yang bersifat karsinogen penyebab keracunan ginjal pada manusia maupun hewan.

Selain faktor mutu, faktor keamanan kesehatan saat ini merupakan salah satu syarat yang mulai dituntut oleh konsumen. Hal penting yang berkaitan dengan perdagangan kopi di pasar internasional adalah bahwa sebagian besar negara pengimpor kopi mensyaratkan kandungan okratoksin A (OA) yang sangat rendah atau bebas OA. Mutu kopi di Indonesia yang cukup memprihatinkan perlu diperbaiki dengan melakukan perubahan-perubahan yang sangat menentukan dalam penanganan pasca panen kopi. Oleh karena itu perlu diketahui perilaku cendawan penghasil okratoksin pada kopi dan penanganan pencegahannya.

OKRATOKSIN

Okratoksin adalah mikotoksin yang merupakan kelompok derivat 7 isokumarin yang berkaitan melalui ikatan amida dengan kelompok amino dari L-b fenilalanina. Saat ini diketahui sedikitnya 3 macam Okratoksin, yaitu Okratoksin A (OA), Okratoksin B (OB), dan Okratoksin C (OC). Okratoksin A adalah yang paling toksik dan paling banyak ditemukan di alam.

OA dapat ditemukan secara luas pada komoditas pertanian seperti gandum, kopi dan biji-bijian baik sebelum panen, pada saat panen, pengangkutan (transportasi) dan di gudang penyimpanan.

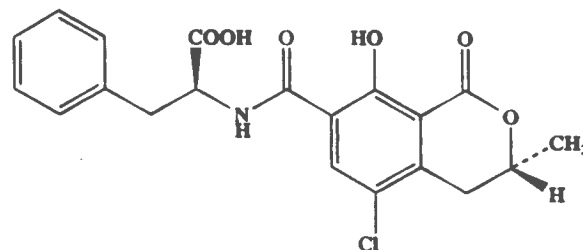
Secara kimia OA merupakan suatu campuran dari kristal jernih tidak berwarna/pucat, memperlihatkan fluoresensi biru di bawah sinar UV (Tsubouchi *et al.*, 1985). Adapun rumus bangun OA diperlihatkan pada Gambar 1.

Bahaya dari OA yaitu dapat menyebabkan neprotoksik dan neprokarsinogenik potensial pada hewan dan manusia. Di daerah Balkan (Balkan Endemik Nepropatik), OA juga dihubungkan dengan nepropatik pada manusia yaitu timbulnya tumor pada ginjal. Nepropatik endemik merupakan penyakit pada ginjal yang menyerang manusia terutama di Bulgaria, Rumania dan Yugoslavia di semenanjung Balkan. Penyakit nepropatik diketahui juga terjadi pada babi di Denmark karena adanya OA pada pakan (Radic *et al.*, 1997).

Okratoksin A dihasilkan oleh sejumlah spesies cendawan *Aspergillus* dan *Penicillium*. Cendawan penghasil okratoksin yang pertama kali ditemukan pada tahun 1965 yaitu *Aspergillus ochraceus*. Di alam *A. ochraceus* terdapat pada tanaman yang mati atau busuk, juga pada kacang-kacangan, biji kakao dan biji kopi (Mantle dan Anna, 2000).

OA biasanya ditemukan pada biji-bijian dan produk biji-bijian (Bucheli *et al.*, 1998). Beberapa penelitian tentang okratoksin pada biji kopi telah dilakukan. Menurut Levi *et al.* (1974), 22 dari 335 sampel biji kopi yang diteliti mengandung OA 20 – 360 mg/kg. Cantafora *et al.* (1983) melaporkan kandungan OA 9,9 – 46,0 mg/kg pada 22 sampel biji kopi. Micco *et al.* (1989) mendapatkan OA dengan konsentrasi antara 0,2 – 15,0 mg/kg pada 17 dari 29 sampel biji kopi. Dharmaputra *et al.* (1999) melaporkan bahwa 14 dari 20 sampel biji kopi yang diperoleh dari petani di propinsi Lampung terkontaminasi oleh OA dengan kisaran 0,3 – 39,8 mg/kg, sedangkan dari pedagang perantara hanya satu dari 20 sampel yang terkontaminasi dengan konsentrasi 12,4 mg/kg.

Selain pada produk tanaman, ternyata OA dapat ditemukan pada berbagai produk ternak seperti daging babi dan daging ayam. Hal ini karena OA bersifat



Gambar 1. Struktur kimia OA.

Figure 1. OA Chemical structure of ochratoxin A

Tabel 1. Batasan kandungan okratoksin pada kopi di berbagai negara

Table 1. Maximum ochratoxin content of coffee in various countries

Negara States	Kandungan okratoksin/ Ochratoxin content (µg/kg)		
	Kopi biji/ Coffee beans	Kopi sangrai/ Roasted coffee	Kopi instan/ Instant coffee
Italia	8	4	-
Jerman	-	3	6
Belanda	-	10	10
Finlandia	5	-	-
Yunani	8	4	-
Spanyol	-	4	4
Hungaria	10	-	-
Swiss	-	5	5

Sumber/Sources : Raghuramulu dan Naidu (2002)

larut dalam lemak sehingga dapat tertimbun di bagian daging yang berlemak. Manusia dapat terekspose OA melalui produk ternak yang dikonsumsi (Anonymous, 2002).

OKRATOKSIN PADA KOPI

Kopi merupakan bahan minuman penyegar yang terkait dengan aspek kesehatan. Penilaian mutu kopi selain didasarkan pada sistem nilai cacat, yaitu pada kualitas fisik biji kopi, juga faktor keamanan pangan yang merupakan salah satu syarat yang dituntut oleh konsumen. Selain itu faktor lingkungan sistem produksi juga sering dipertimbangkan dalam pembelian kopi. Akhir-akhir ini persyaratan impor

Tabel 2. Kandungan OA pada biji kopi komersial dan produk kopi

Table 2. OA content in commercial coffee beans and coffee product.

Negara Asal States	Komoditas Commodity	Kandungan OA/ OA Content (µg/kg)	Sumber/ Sources
USA	Biji kopi (pencucian manual)	200 – 3600	Levi <i>et al.</i> (1974)
	Biji kopi komersial	200 – 800	Levi <i>et al.</i> (1974)
Itali	Biji kopi komersial	240– 960	Levi (1980)
	Biji kopi komersial	-	Levi (1980)
	Biji kopi komersial	5 – 230	Cantavara <i>et al.</i> (1983)
	Biji kopi komersial	2 – 150	Micco <i>et al.</i> (1989)
Inggris	Biji kopi komersial	< 100 – 2000	Norton <i>et al.</i> (1982)
	Biji kopi komersial	1 – 80	MAFF (1995)
	Biji kopi sangrai komersial	2 – 21	MAFF (1995)
Swiss	Biji kopi komersial	12 – 560	Studer-Rohr <i>et al.</i> (1994)
	Seduhan kopi	10 – 78	Studer-Rohr <i>et al.</i> (1994)
Jerman	Biji kopi sangrai komersial	3– 75	Koch <i>et al.</i> (1996)

Sumber/Sources : Pittet *et al.* (1996)

produk pangan di negara konsumen kopi, terutama Eropa semakin ketat, terutama dengan masalah kesehatan (Ismayadi, 1999).

Negara-negara pengimpor kopi telah menetapkan kandungan maksimum OA dalam kopi biji dan produk olahannya (Tabel 1). Italia menetapkan kandungan maksimum OA pada kopi biji dan produk olahan kopi masing-masing sebesar 8 dan 4 ppb (Raghuramulu dan Naidu, 2002).

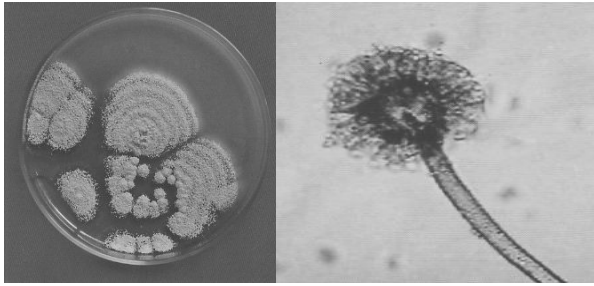
Keberadaan mikotoksin pada kopi sangat merugikan perdagangan/ perekonomian negara terutama negara penghasil kopi. Pittet *et al.* (1996) melaporkan kandungan OA pada biji kopi komersial dan kopi instan (Tabel 2).

Tabel 2 memperlihatkan kandungan OA yang kecil terlihat pada biji kopi sangrai komersil. Hal ini disebabkan penyangraian dapat mereduksi jumlah OA yang terkandung dalam biji kopi. Levi, *et al.*, 1974 menyatakan bahwa kopi yang digoreng/ disangrai 200°C selama 5 menit dapat merusak okratoksin. Namun pada sereal perlu berhati-hati, kemungkinan okratoksin yang terkandung pada bahan masih cukup besar (stabil), sebab pemanasan setinggi lebih dari 100°C tidak memungkinkan, karena akan lebih merusak bahan daripada mikotoksinnya.

CENDAWAN PENGHASIL OKRATOKSIN

Beberapa spesies cendawan yang menyerang biji kopi berpotensi dalam menghasilkan mikotoksin. Dari beberapa penelitian diketahui bahwa beberapa spesies *Aspergillus* dan *Penicillium* dapat menyerang biji kopi dan memproduksi okratoksin. Spesies *Aspergillus* yang menghasilkan okratoksin diantaranya adalah *A. ochraceus*, *A. carbonarius*, dan *A. niger*, sedangkan dari spesies *Penicillium* adalah *P. verrucosum*, *P. citrinum* dan *P. viridicatum* (Pitt, 1987; Abarca *et al.*, 1994; Heenan *et al.*, 1998 dan Taniwaki *et al.*, 2002). Menurut Pitt dan Hocking (1997) *A. niger* berpotensi untuk menghasilkan OA walaupun tidak seperti *A. ochraceus*. Abarca *et al.* (1994) melaporkan bahwa dua dari 19 isolat *A. niger* yang diisolasi memproduksi OA sebesar 0,23 dan 0,59 mg/kg. Selanjutnya Abarca *et al.* (2003) juga menyatakan bahwa 96,7% dari 91 galur *A. carbonarius* dan 0,6% dari 168 galur *A. niger* yang diisolasi dari anggur kering Spanyol memproduksi OA. Biakan murni dan foto mikroskop *A. ochraceus* dan *A. niger* disajikan pada Gambar 2 dan 3.

Umumnya spesies *Aspergillus* yang sering ditemukan pada biji kopi dan menghasilkan okratoksin adalah *A. ochraceus*. Cendawan tersebut tumbuh baik pada suhu antara 8 – 37°C. Pada suhu 12 – 37°C *A. ochraceus* menghasilkan OA pada berbagai substrat.



Gambar 2(a). Biakan murni *Aspergillus ochraceus* pada media Czapek Yeast Extract Agar, setelah 7 hari inkubasi pada suhu ruang (b). Foto mikroskop *A. ochraceus* (20 x 10)

Figure 2. (a). *Aspergillus ochraceus* culture on Czapek Yeast Extract media after 7 days incubation at room temperature (b). Micrograph photo of *A. ochraceus* (20 x 10)

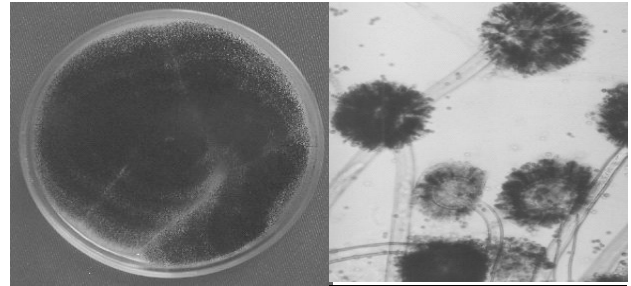
Penicillium verrucosum juga merupakan cendawan potensial penghasil okratoksin. Cendawan tersebut biasanya ditemukan pada daerah beriklim sedang (*temperate*) dan tumbuh baik pada suhu antara 0 – 31°C dengan suhu optimum pada 20°C dan pH optimum 6 – 7 (Pitt, 1987). Menurut Taoukis *et al.* (2004) a_w minimum untuk pertumbuhan *P. verrucosum* adalah 0.83 dan pada a_w 0.83 – 0.85 dapat memproduksi OA.

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI OKRATOKSIN

Secara garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi produksi mikotoksin adalah adanya cendawan yang toksigen, substrat yang cocok untuk pertumbuhan cendawan dan lingkungan yang mendukung cendawan untuk memproduksi toksin (Betina, 1989). Ominski *et al.* (1994) menyatakan bahwa disamping adanya nutrisi, faktor lingkungan yang penting bagi cendawan untuk dapat tumbuh dan menghasilkan toksin adalah aktivitas air (a_w) dan kadar air, suhu, substrat, O_2 dan CO_2 , interaksi mikrob, kerusakan mekanis, infestasi serangga, jumlah spora dan lama penyimpanan/waktu.

Produksi mikotoksin akan terjadi jika kadar air produk di penyimpanan naik di atas 13 – 16% dan produksi mikotoksin maksimum terjadi pada kadar air 20 – 25%, hal ini juga tergantung pada jenis substrat (Bullerman *et al.*, 1984).

Semua mikrob termasuk cendawan toksigen mempunyai a_w minimum, optimum dan maksimum untuk pertumbuhannya. Untuk dapat menghasilkan okratoksin, cendawan-cendawan potensial memerlukan a_w yang lebih tinggi, yaitu lebih dari 0.85. Aktivitas air minimum untuk pembentukan koloni spesies cendawan adalah 0.70 (Ominski *et*



Gambar 3. (a). Biakan murni *Aspergillus niger* pada media Czapek Yeast Extract Agar, setelah 7 hari inkubasi pada suhu ruang (b). Foto mikroskop *A. niger* (40 x 10)

Figure 3. (a). *Aspergillus niger* culture on Czapek Yeast Extract media, after 7 incubation day at room temperature (b). Micrograph photo of *A. niger* (40 x 10).

al., 1994). Aktivitas air minimum untuk pertumbuhan *A. ochraceus* adalah 0,77 – 0,83 dan memproduksi okratoksin pada a_w 0.83 – 0.87 pada suhu antara 24 – 30°C (Taoukis *et al.*, 2004). *Aspergillus carbonarius* tumbuh optimum pada suhu 20 – 30°C dengan a_w 0,93 – 0,98 dan memproduksi okratoksin pada suhu 15 – 20°C dengan a_w 0,95 – 0,98 (Mitchell *et al.*, 2004).

Penicillium dapat tumbuh pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan *Aspergillus*. Pada umumnya suhu pertumbuhan optimum *Penicillium* 25 – 30°C, dan *Aspergillus* pada suhu 30 – 40°C. *Penicillium verrucosum* dan *A. alutaceus* memproduksi okratoksin pada suhu 12 dan 25°C (Pitt, 1987).

Oksigen juga mempengaruhi pertumbuhan *A. ochraceus* dan produksi okratoksin. Secara umum pertumbuhan *A. ochraceus* dan produksi okratoksin akan terhambat apabila konsentrasi oksigen di lingkungannya terbatas (Northolt *et al.*, 1979). Selanjutnya Paster *et al.* (1983) melaporkan bahwa konsentrasi CO_2 30% dapat menghambat produksi okratoksin A oleh *A. ochraceus*.

Keberadaan mikrob lain seperti bakteri dan spesies cendawan lain dapat menghambat pertumbuhan cendawan dan produksi mikotoksin. Kompetisi terhadap nutrisi yang tersedia dapat terjadi antara spesies cendawan dan mempengaruhi produksi mikotoksin (Ominski *et al.*, 1994).

Proses biji kopi sangrai komersial, kandungan OA nya lebih kecil dibandingkan dengan biji kopi komersial (Tabel 2). Hal ini disebabkan waktu penyangraian/pemanasan menyebabkan OA mengalami reduksi.

Lama penyimpanan/waktu juga mempengaruhi produksi okratoksin. Menurut Ominski *et al.* (1994) waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan maksimum dan produksi toksinnya untuk suatu spesies cendawan dapat berbeda dengan spesies cendawan lainnya. Selain itu juga bergantung kepada jenis substrat. *Aspergillus alutaceus* memproduksi okratoksin pada

kedelai setelah 26 hari inkubasi.

PENCEGAHAN CENDAWAN PENGHASIL OKRATOKSIN PADA KOPI

Pengolahan biji kopi dengan membuka kulit pembungkus biji memberi peluang terkontaminasi oleh cendawan dan mikroba lain. Kondisi buah yang masih basah (berkadar air tinggi) dan didukung oleh nilai nutrisinya yang relatif baik, sangat mendukung pertumbuhan cendawan. Dengan demikian faktor pencegahan pertumbuhan pada tahap awal sangat menentukan tingkat serangan cendawan selanjutnya.

Buah kopi yang masih segar atau yang belum kering sangat mendukung pertumbuhan cendawan. Upaya pencegahan pertumbuhan cendawan yang efektif adalah dengan mencegah kontaminasi cendawan pada buah/biji kopi, dan membuat faktor pertumbuhan tidak optimum. Upaya mengurangi jumlah inokulum dapat dilakukan dengan memperlakukan buah atau biji kopi secara higienis, sedangkan pencegahan pertumbuhannya dapat dilakukan dengan menurunkan kadar air biji dalam waktu yang tidak terlalu lama sampai dicapai kadar air yang aman yaitu 13% (SNI, 1999).

Pencegahan kontaminasi cendawan penghasil okratoksin secara teknis dapat dilakukan dengan penanganan pascapanen seperti pengeringan, penyimpanan, teknologi produksi kopi yang baik dan bersih /higienis, sedangkan proses penyangraian dapat mereduksi kandungan okratoksin di dalam biji kopi. Perlakuan atau praktek-praktek tersebut dikenal sebagai *Good Agricultural Practice (GAP)* untuk kegiatan prapanen, dan *Good Manufacturing Practice (GMP)* untuk kegiatan pascapanen. Pada prinsipnya *GAP* dan *GMP* merupakan prosedur baku yang harus diterapkan oleh setiap pelaku produksi dan pemasaran kopi dengan maksud menjaga kualitas dan kebersihan kopi agar tetap baik. Penerapan *GAP* dan *GMP* tidak hanya dapat mencegah serangan cendawan dan kontaminasi okratoksin, tetapi sekaligus dapat memperbaiki mutu biji kopi (Ismayadi dan Zaenudin, 2002).

Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk mencegah timbulnya serangan cendawan dan kontaminasi mikotoksin pada biji kopi berdasarkan prinsip-prinsip *GAP* dan *GMP* adalah:

1. Tahap di lapangan :

- Perlu diterapkan praktek budidaya yang baik sehingga diperoleh tanaman dan buah kopi yang sehat.

2. Pemanenan :

- Menggunakan peralatan panen yang bersih dan memadai.
- Menghindari kerusakan buah
- Menghindari kontaminasi oleh tanah dan bahan kotor lainnya.
- Memisahkan buah matang, muda dan kering/ jatuh

di tanah

- Memisahkan benda asing dan buah cacat/rusak.
- Menghindari penimbunan buah.

3. Pengeringan

- Pengeringan dengan penjemuran dilakukan dengan menggunakan alas yang bersih, hindari kontak dengan tanah, atau menggunakan rak penjemuran (*drying table*).
- Pada penjemuran tahap awal (biji masih basah) proses pengeringan dapat dipercepat dengan membuat hamparan tipis (< 4 cm), kemudian dapat dipertebal seiring dengan penurunan kadar airnya.
- Pada malam hari, biji ditutup dengan lembaran plastik, dan diberi ventilasi yang memadai.
- Menghindari pembasahan ulang, misalnya tersiram hujan.
- Proses pengeringan dituntaskan sampai kadar air mencapai 13 %, hindari penundaan atau penimbunan biji yang masih belum kering.
- Pengeringan dapat dilakukan dengan mesin pengering, tetapi suhu udara pengeringan harus rendah ($\pm 45^{\circ}\text{C}$) khususnya untuk kopi arabika, untuk kopi robusta dapat digunakan suhu udara yang lebih tinggi ($\pm 60^{\circ}\text{C}$).

4. Penyimpanan.

- Menyimpan masing-masing jenis kopi secara terpisah, misalnya kopi gelondongan atau biji kopi.
- Untuk penyimpanan jangka lama (beberapa bulan), sebaiknya kopi disimpan dalam bentuk gelondong atau biji kopi yang benar-benar sudah kering.
- Penyimpanan kopi dilakukan apabila kadar air sudah cukup rendah (maksimum 13%).
- Tempat penyimpanan harus kering bersih, dan mempunyai ventilasi yang memadai.
- Sebaiknya menghindari penyimpanan jangka panjang biji kopi di daerah atau lingkungan yang lembab dan panas seperti di daerah pelabuhan. Penyimpanan sementara dapat dilakukan di lingkungan tersebut dengan pengawasan yang ketat.
- Tumpukan karung diatur di atas landasan kayu (*palet*), dan diberi jarak dengan dinding dan antar tumpukan.
- Menghindari biji dari hujan/basah.
- Melakukan inspeksi secara teratur untuk mencegah kerusakan yang lebih berat.

Selain praktek produksi yang baik, aspek pengendalian terhadap adanya penyimpangan pada setiap tahap produksi perlu dilakukan. Adanya produk yang menyimpang dari ketentuan standar tidak dapat dicampur dengan produk yang baik karena akan mencemari produk secara keseluruhan. Pemisahan biji cacat secara fisik dapat mengurangi kontaminasi okratoksin. Dengan demikian disarankan untuk

memisahkan biji cacat terutama biji hitam, bercendawan atau biji cacat lainnya (Bucheli *et al.*, 1998 ; Ismayadi dan Zaenudin, 2002).

KESIMPULAN

1. Cendawan merupakan faktor biotik kedua penyebab kerusakan biji kopi di gudang penyimpanan setelah serangga dan dapat menghasilkan okratoksin.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi okratoksin adalah adanya cendawan yang toksigen, substrat yang cocok untuk pertumbuhan cendawan dan lingkungan yang mendukung cendawan untuk memproduksi toksin seperti aktivitas air (a_w) dan kadar air, suhu, substrat, O_2 dan CO_2 , interaksi mikrob, kerusakan mekanis, infestasi serangga, jumlah spora dan lama penyimpanan/waktu.
3. Cendawan penghasil okratoksin pada biji kopi adalah dari spesies *Aspergillus*. sp seperti *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius* dan dari spesies *Penicillium*. spp seperti *Penicillium verrucosum*.
4. Upaya pencegahan pertumbuhan cendawan pada buah /biji kopi yang efektif adalah dengan mencegah kontaminasi sumber cendawan pada buah/biji kopi, dan membuat faktor pertumbuhan tidak optimum yaitu dengan menerapkan prinsip-prinsip GAP dan GMP kopi.
5. Penyangraian (di atas 200°C) dapat mereduksi kandungan okratoksin dalam biji kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abarca, M.L., M.R. Bragulat, G. Castella, and F.J. Cabanes. 1994. Ochratoxin A production by strain of *Aspergillus niger* var. *nig*. Appl and Environ Microbiol 64: 2650 – 2652.
- Anonymous. 2002. Assessment of dietary intake of ochratoxin A by the population of EU member State. Report on Tasks for Scientific Cooperation. Directorate- General Health and Consumer Protection. http://europa.eu.int/comm/food/contaminants/task_3-2-7_en.pdf [04 Februari 2004].
- Blanc, M., A. Pittet, R.M. Box and R. Viani. 1998. Behavior of Ochratoxin A During Green Coffee Roasting and Soluble Coffee Manufacture. J. Agric. Food Chem. (46):673 – 675.
- Betina, V. 1989. Mycotoxins Chemical, Biological and Environmental Aspect. Amsterdam: Elsevier.
- Bucheli, P., I. Meyer, A. Pittet, G. Vuataz, and R. Viani. 1998. Industrial Storage of Green Robusta Coffee under Tropical Condition and Its Impact on Raw Material Quality and Ochratoxin A Content. J Agric Food Chem (46):4507 – 4511.
- Bullerman, L.B., L.L. Schroeder and KY Park. 1984. Formation and control of mycotoxins in food. J Food Prot (47): 637 – 646.
- Cantafora, A., M. Grossi, M. Miraglia and L. Benelli. 1983. Determination of ochratoxin A in coffee beans using reversed phase high performance liquid chromatography. Riv Soc Ital Sci Alimen (12):103 – 108.
- Clarke, R.J. and R. Macrae. 1987. Coffee (Volume 2 : Technology). London: Elsevier Applied Science.
- Dharmaputra, O.S., Sunjaya, I. Retnowati, S. Ambarwati, M. Amad and C. Ismayadi. 1999. The occurrence of insect and fungi, and ochratoxin contamination in stored coffee beans at Lampung. Bogor: SEAMEO. BIOTROP. Internal Report.
- Dharmaputra. 2000. The Occurrence of Insects, Fungi and Organoleptic Characteristics in Stored Coffee Beans in Lampung. Biotropia (14) 17 – 35.
- Direktorat Jendral Bina Produksi Perkebunan. 2002. Statistik Perkebunan Kopi Indonesia 2000 – 2001. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Produksi Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Hasanah, P. Yufdi, Y. Barus, Nasriati, E. Herdiansyah dan Suranto. 2005. Sistem Usaha Tani Konservasi Lahan Kering di Kabupaten Lampung Barat. Laporan Akhir. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Lampung
- Heenan, C.N., K.J. Shaw and J.I. Pitt. 1998. Ochratoxin A production by *Aspergillus carbonarius* and *A. niger* isolates and detection using coconut cream agar. J Food Mycol 1 (2):67 – 72.
- Ismayadi, C. 1999. Pencegahan cacat cita rasa dan kontaminasi jamur mikotoksigenik pada biji kopi. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao 15 (1):130 – 142.
- Ismayadi, C. dan Zaenudin. 2002. Pola produksi infestasi jamur, dan upaya pencegahan kontaminasi okratoksin-A pada kopi Indonesia. Simposium Kopi; Denpasar, 16 – 17 Oktober 2002. Denpasar.
- Levi, C.P., H.L. Trenk and H.K. Mohr. 1974. Study of occurrence of ochratoxin A in green coffee beans. J Assoc Off Anal Chem (57):866 – 870.
- Mantle, P.G. and M.C. Anna. 2000. Ochratoxin Formation in *Aspergillus ochraceus* with Particular Reference to Spoilage of Coffee. Int'. Journ of Food Microbiol (56). 105 – 109.
- Micco, C.M., M. Grossi, C. Miraglia and Brera. 1989.

- A study of the contamination by ochratoxin A of green and roasted coffee beans. *Food Addit Contam* (6): 333 – 339.
- Mitchell, D., R. Parra, D. Aldred and N. Magan. 2004. Water and temperature relations of growth and ochratoxin A production by *Aspergillus carbonarius* strains from grapes in Europe and Israel. *J Appl Microbiol* 97 (2):439 – 445.
- Northolt, M.D., H.P. Van Egmond and E. Paulsch. 1979. Ochratoxin A production by some fungal species in relation to water activity and temperature. *J Food Protect* 42 (6):485 – 490.
- Ominski, K.H., R.R. Marquardt, R.N. Sinha and D. Abramson. 1994. Ecological aspects of growth and mycotoxin production by storage fungi. Di dalam : Miller JD, Trenholm HL. editor. *Mycotoxins In Grain: Compounds Other than Aflatoxin*. Minnesota: Eagan Pr. hlm 287 – 312.
- Paster N, Lisker N, Chet I. 1983. Ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus* Wilhelm, grown under controlled atmospheres. *Appl Environ Microbiol* (45):1136 - 1139.
- Pitt, J.I. 1987. *Penicillium veridicatum*, *Penicillium verrucosum* and production of ochratoxin A. *Appl Environ Microbiol* 53 (2):266-269.
- Pittet, A., D. Tornare, A. Huggett and R. Viani. 1996. Liquid Chromatographic Determination of Ochratoxin A in Pure and Adulterated Soluble Coffee Using an Immunoaffinity Column Cleanup Procedure. *J. Agric. Food Chem.* (44). 3564 – 3589.
- Pitt, J.I and A.D. Hocking. 1997. *Fungi and Food Spoilage*. Blackie Academic and Professional. London
- Radic, B., R. Fuchs, M. Peraica, A. Lucic. 1997. Ochratoxin A in human sera in the area with endemic nephropathy in Crotoa.. *Food Sci and Technol* 91 (2):105 - 109.
- Raghuramulu, Y. dan R. Naidu. 2002. The Ochratoxin-A Contamination in Coffee and its in Food Safety Issues. <http://www.indiacoffee.org/newsletter/9/coverstory.html-16k> 28 Oktober 2002
- Subramanyam, B. dan D.W. Hangstrum. 1995. *Integrated Management of Insect in Stored Products*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Taniwaki, M.H., B.T. Imanaka, M.C. Vicentini. 2002. Fungos producing of ocratoxina and ocratoxina in coffees. Expanded summaries of the “I Symposium of Research of the Coffees of Brazil” (Vol.1. mtaniwak@ital.org.br).
- Taoukis, P.S., W.M. Breene, T.P. Labuza. 2004. Intermediate moisture foods. http://fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza/papers/IMF.pdf [20 Juli 2004].
- Tsubouchi. H., H. Terada, K. Yamamoto, K. Hisada, Y. Sakabe. 1985. Caffeine degradation and increased ochratoxin A production by toxigenic strains of *Aspergillus ochraceus* isolated from green coffee beans. *Mycopathologia* (90):182 â•” 186.