

## CEMARAN *ASPERGILLUS FLAVUS* DAN AFLATOKSIN PADA RANTAI DISTRIBUSI PRODUK PANGAN BERBASIS JAGUNG DAN FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA

[Contamination of *Aspergillus flavus* and Aflatoxin at Distribution Chain of Maize Based Food Product and its Influencing Factors]

Harsi D. Kusumaningrum\*, Suliantari, Aris D. Toha, Sindhu H. Putra, Aldilla S. Utami

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Diterima 6 September 2010 / Disetujui 19 Desember 2010

### ABSTRACT

Aflatoxin is a human carcinogen, produced by fungus *Aspergillus flavus* that frequently contaminates maize. Analysis of *A. flavus* by plate counting and aflatoxin by Thin Layer Chromatography were performed on 104 samples and 25 samples, respectively, of maize grain and maize based food products from different places in Bogor-West Java, Boyolali-Central Java and Bojonegoro-East Java. These regions support significant number of maize production in Java. Forty percent of the samples were contaminated by *A. flavus*, whereas aflatoxin level of higher than 20 ppb was found in 4 of 25 samples. The highest contamination level of *A. flavus* was found at the collector trader that often stored the maize grain in average of 15 days, at room temperature. There was a significant correlation between the length of storage as well as relative humidity with the contamination levels of *A. flavus*. Significant correlation was also found between the contamination levels of *A. flavus* with the level of aflatoxin in maize grain. However, no significant correlation was found between the aflatoxin level and the contamination levels of *A. flavus* in the processed maize based food products.

**Key words:** *Aspergillus flavus*, aflatoxin, distribution chain, maize products

### PENDAHULUAN

Jagung merupakan bahan pangan kedua setelah beras di Indonesia dan di dunia menduduki urutan ketiga setelah gandum dan beras. Jumlah produksi jagung di Indonesia meningkat secara signifikan pada sepuluh tahun terakhir, dari sekitar 9,7 juta ton pada tahun 2000 menjadi sekitar 17,6 juta ton pada tahun 2009 (Badan Pusat Statistik, 2010). Jagung dengan kadar air lebih besar dari 16% dan pada kondisi kelembaban udara lebih tinggi dari 85% akan menjadi tempat tumbuh yang baik bagi pertumbuhan kapang (Sauer, 1986). Salah satunya adalah *Aspergillus flavus*, kapang penghasil aflatoksin yang diketahui sangat toksik dan bersifat karsinogenik, hepatotoksik dan mutagenik bagi manusia (Hedayati *et al.*, 2007). Data tentang cemaran kapang *A. flavus* maupun aflatoksin pada produk jagung di Indonesia jarang dipublikasikan, sementara di negara lain data-data tersebut banyak dilaporkan. Sebagai contoh, Gao *et al.* (2007) melaporkan bahwa di daerah Timur Laut Cina 99% dari spesies *Aspergillus* yang mencemari jagung adalah *A. flavus*. *A. flavus* juga ditemukan mencemari jagung pipil merah dan beras di Nigeria selama penyimpanan (Amadi dan Adeniyi, 2009). Selanjutnya, keracunan aflatoksin sampai menyebabkan kematian 125 orang pernah dilaporkan terjadi di Kenya tahun 2004 (Probst *et al.*, 2007). Insiden tersebut menjadi insiden dengan korban terbesar yang pernah dilaporkan di dunia.

Di Indonesia kadar aflatoksin maksimum pada jagung sebagai bahan pangan telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan RI sebesar 20 ppb. Hal ini sesuai dengan

ketetapan Food and Drug Administration yang mengeluarkan kadar baku tertinggi total aflatoksin yang diizinkan pada pangan dan pakan komersial yaitu sebesar 20 ppb (Brown *et al.*, 1999) dan status ini tidak berubah pada tahun 2003 (van Egmond dan Jonker, 2005). Faktor-faktor yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan kapang *A. flavus* pada penanganan pasca panen jagung antar lain adalah kadar air, suhu penyimpanan, kelembaban relatif udara, dan lama penyimpanan (Food and Agriculture Organization, 2001). Faktor-faktor tersebut harus diperhatikan dan dikendalikan. Dalam upaya pengendalian cemaran *A. flavus* termasuk intervensi penanganan produk jagung, perlu diketahui tingkat cemaran maupun awal terjadinya cemaran kapang tersebut yang berpotensi menghasilkan aflatoksin. Survei lapang dan pengambilan sampel pada rantai distribusi produk pangan berbasis jagung serta analisis terhadap cemaran *A. flavus* dan aflatoksin dilakukan untuk memperoleh data deskriptif maupun kuantitatif sebagai masukan dalam upaya pencegahan dan penanggulangan cemaran *A. flavus* dan aflatoksin pada produk pangan berbasis jagung.

### METODOLOGI

#### Bahan dan alat

Sampel berupa jagung manis, jagung pipil, produk setengah jadi seperti tepung, pati atau beras jagung, dan produk olahan yang siap konsumsi yang berasal dari daerah Bogor Jawa Barat, Boyolali Jawa Tengah dan Bojonegoro Jawa Timur.

Alat yang digunakan antara lain adalah oven dan peralatan untuk uji kadar air, termometer dan higrometer (*Thermo-Hygrometer Model GL-99*), seperangkat alat *Thin Layer chromatography*, serta peralatan uji mikrobiologi. Bahan kimia

\* Korespondensi penulis: HP 081311210180  
Email: harsikusumaningrum@yahoo.com

dan media yang digunakan antara lain adalah standar aflatoxin B1, B2, G1, dan G2, asetonitril, n-heksana, diklorometana, sodium sulfat anhidrat, media *Aspergillus flavus* dan *parasiticus* (AFPA), dan bahan kimia lainnya.

### Pengambilan sampel

Pengambilan sampel (n=104) dilakukan pada berbagai tingkat rantai distribusi produk jagung, dari petani, pengumpul, pemipil, pengering, sampai dengan pengecer, di kabupaten Bogor Jawa Barat (kecamatan Dramaga, Situ Gede, Sindang Barang, Ciherang, Bantar Kemang dan Cimanggu), kabupaten Boyolali Jawa Tengah (kecamatan Gedangan, Sumbang, Jombang dan Wonodoyo), serta kabupaten Bojonegoro Jawa Timur (Kecamatan Dander, Trucuk, Kapas, Baureno, Kepohbaru, Ngasem, Banjarsari, Balen, dan Kanor).

Lokasi tersebut dipilih berdasarkan kriteria adanya pasar induk produk jagung, industri pangan yang berbasis jagung, atau memiliki produktivitas jagung yang relatif tinggi. Jenis sampel dan asal sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran sampel untuk analisis *A. flavus* dan aflatoxin

Asal sampel	Jenis sampel	N	Uji <i>A. flavus</i>	Uji aflatoxin
Bogor	Jagung manis	14	14	-
	Produk setengah jadi	4	4	4
	Produk jadi	8	8	5
Boyolali	Jagung pipil	16	16	-
	Jagung pipil	46	46	6
Bojonegoro	Produk setengah jadi	6	6	5
	Produk jadi	10	10	5
	Total	104	104	25

Pada saat pengambilan sampel di lapang, juga dilakukan pengamatan terhadap lama penyimpanan, suhu serta kelembaban udara lingkungan penyimpanan bahan baku jagung dan produknya.

### Analisis kapang *Aspergillus flavus*

Analisis *A. flavus* dilakukan berdasarkan metode *Bacteriological Analytical Manual* (Tournas *et al.*, 2001) dengan modifikasi. Analisis dilakukan dengan cara 25 gram sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 225 ml larutan pengencer dan dikocok selama 120 detik, kemudian dilakukan pengenceran lanjut secara desimal. Pemupukan dilakukan menggunakan media AFPA yang diberi larutan khloramfenikol sesuai petunjuk pada kemasan media dan inkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari. Jika dalam 5 hari belum terjadi pertumbuhan, dilakukan inkubasi kembali selama 48 jam. Total koloni kapang didapat dengan cara menghitung semua koloni yang tumbuh pada cawan. Jumlah koloni *A. flavus* didapat dengan cara menghitung koloni yang berwarna oranye spesifik pada bagian bawah cawan petri. Jumlah koloni per gram kemudian dihitung dengan metode Standar (Tournas *et al.*, 2001).

### Analisis kadar air

Analisis kadar air produk jagung dilakukan menggunakan metode oven (AOAC, 1995). Sebanyak 3-4 gram contoh dimasukkan pada dalam cawan yang telah dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator,

kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 100-105°C selama 6 jam. Cawan yang telah berisi contoh tersebut dipindahkan ke desikator, didinginkan dan ditimbang. Pengeringan dilakukan kembali sampai diperoleh berat konstan. Kadar air dihitung berdasarkan kehilangan berat yaitu selisih berat awal dengan berat akhir.

### Analisis aflatoxin menggunakan *Thin Layer Chromatography* (TLC)

Metode analisis aflatoxin yang digunakan diadopsi dari metode *Tropical Product Institute* (Bainton *et al.*, 1980). Sampel ditimbang sebanyak 25 gram ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml. Aflatoxin dalam contoh diekstrak memakai asetonitril dan dihilangkan lemaknya memakai n-heksana. Pemurnian dilakukan memakai diklorometana dan dehidrasi dilakukan memakai sodium sulfat anhidrat. Identifikasi aflatoxin dilakukan dengan cara elusi 1 (satu) dimensi pada *Thin Layer chromatography* (TLC) plate.

Analisis aflatoxin dilakukan terhadap jenis aflatoxin B1, B2, G1, dan G2. Limit deteksi kadar aflatoxin yang dapat terukur menggunakan metode ini adalah 4 ppb untuk aflatoxin B1 dan G1 serta 3 ppb untuk aflatoxin B2 dan G2. Pengamatan secara kualitatif dilakukan dengan membandingkan waktu tambat (Rf) bercak sampel dengan standar sedangkan uji kuantitatif dilakukan dengan membandingkan intensitas perpendaran bercak sampel dan standar. Perpendaran bercak pada lempeng kromatografi diamati menggunakan UV viewing cabinet pada panjang gelombang 366 nm. Kandungan aflatoxin dihitung sebagai ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  atau ppb) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Kandungan aflatoxin (ppb)} = \frac{S \times Y \times V \times fp}{Z \times W}$$

Keterangan :

- S : Volume aflatoxin standar yang intensitas perpendarannya setara Z  $\mu\text{l}$  sampel
- Y : Konsentrasi aflatoxin standar dalam  $\mu\text{g}/\text{ml}$
- Z : Volume ekstrak sampel yang dibutuhkan untuk memberikan perpendaran setara dengan S  $\mu\text{l}$  standar aflatoxin
- V : Volume pelarut yang digunakan untuk melarutkan sampel ekstrak akhir ( $\mu\text{l}$ )
- W : Volume sampel (ml)
- Fp : Faktor pengenceran

### Analisis Data

Data pengujian total *A. flavus* diolah dengan uji ragam (ANOVA) menggunakan SPSS versi 12 untuk Windows. Untuk mengetahui korelasi antara 2 parameter dilakukan uji Bivariat dengan uji korelasi Rank Spearman.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Cemaran kapang dan *A. flavus* pada produk jagung

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada sekitar 88% sampel jagung ditemukan kapang dan sekitar 40% positif tercemar *A. flavus* (Tabel 2). Jenis pangan yang paling sering ditemukan terkontaminasi *A. flavus* adalah jagung pipil.

Tabel 2. Persentase cemaran kapang dan *A. flavus* pada produk pangan berbasis jagung

Jenis Contoh	Jumlah contoh (N)	Persentase tercemar kapang	Persentase tercemar <i>A. flavus</i>
Jagung (manis)	14	100%	7,1%
Jagung pipil	62	95,1%	58,6%
Produk setengah jadi (tepung/pati/ beras jagung)	10	60,0%	30%
Produk jadi	18	66,7%	5,6%
Total	104	87,5%	39,4%

Tingginya prevalensi cemaran *A. flavus* pada jagung pipil perlu diwaspadai karena mengindikasikan adanya risiko terbentuknya aflatoxin pada bahan pangan tersebut. Jumlah kontaminasi total kapang dan *A. flavus* diduga sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan dan lama penyimpanan. Tingkat cemaran kapang dan *A. flavus* pada distribusi jagung manis dan jagung pipil dapat dilihat pada Tabel 3. Sebagaimana tercantum pada tabel tersebut, jumlah total kapang pada jagung manis di sebagian besar tingkat distribusi relatif tinggi, yaitu 4 dari 6 sampel jagung memiliki nilai log sekitar 6 cfu/g. Ini berarti jumlah total kapang pada sebagian besar sampel jagung manis rata-rata di atas 10<sup>6</sup> cfu/g. Walaupun demikian, cemaran kapang *A. flavus* pada komoditi jagung manis berkelobot sangat rendah.

Pada Tabel 3 juga terlihat bahwa dari 14 sampel jagung manis yang dianalisis, terdapat 1 sampel (7%) yang terkontaminasi *A. flavus*. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun masih berkelobot, apabila disimpan pada suhu 28 – 30°C dengan kadar air dalam jagung di atas 30% maka pencemaran tetap mungkin terjadi terutama jika di lingkungan yang mengandung *A. flavus*. Zummo dan Scott (1990) melaporkan bahwa jika pada lingkungan tanaman jagung terdapat *A. flavus* dan mencemari bakal jagung, maka kapang tersebut dapat bertahan sampai terbentuk tongkol jagung dan ditemukan pada saat pemanenan. Penyebaran *A. flavus* sangat dimungkinkan

karena spora dan konidia yang terbentuk mudah terbawa oleh pergerakan udara atau oleh serangga (Nesci dan Etcheverry, 2002).

Pada jagung pipil di daerah Boyolali, cemaran *A. flavus* di tingkat pemipil lebih tinggi dibandingkan dengan cemaran di tingkat petani. Pemipilan yang dilakukan oleh pemipil di daerah Boyolali, menggunakan alat berupa kayu yang diberi paku. Pemipilan menggunakan alat ini dapat menyebabkan biji jagung terluka. Diperkirakan, proses pemipilan yang tidak baik tersebut yang menyebabkan sampel jagung pipil yang diambil pada tingkat pemipil terkontaminasi oleh *A. flavus*. Hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Balitsereal menunjukkan bahwa pemipilan jagung pada kadar air 15 – 20% dengan menggunakan alat pemipil menyebabkan biji jagung yang terinfeksi kapang mencapai 5%, sedangkan pemipilan yang dilakukan pada kadar air 35%, infeksi kapang mencapai 10 – 15% (Firmansyah *et al.*, 2006).

Cemaran *A. flavus* relatif meningkat di tingkat pengumpul, yang disebabkan kemungkinan besar karena kondisi penyimpanan yang kurang memadai. Di tingkat pengumpul, kadar air jagung juga relatif meningkat kembali dari 14% di tingkat pemipil menjadi sekitar 15%. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) (Badan Standarisasi Nasional, 1995) persyaratan jagung pipil mutu I dan II adalah mempunyai kadar air maksimum 14%. Menurut *Food and Agriculture Organization* (2001) jagung pipil kuning dengan kadar air <16% akan mempunyai umur simpan selama 1 bulan, pada kadar air <14% mempunyai umur simpan sekitar 3 bulan, dan jika kadar air <12% umur simpan jagung akan mencapai 3 tahun. Di daerah Bojonegoro, hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air contoh jagung dari pengering mencapai 12,7±1,0%, namun cenderung meningkat kembali di tingkat pengumpul maupun pasar induk. Sebagaimana ditemukan di daerah Boyolali, tingkat cemaran kapang *A. flavus* tertinggi di daerah Bojonegoro juga ditemukan di tingkat pengumpul.

Tabel 3. Tingkat cemaran kapang dan *A. flavus* pada distribusi jagung manis dan jagung pipil

Lokasi	Tingkat distribusi	n	Positif <i>A. flavus</i>	Rata-rata Kadar air (%)	Rata-rata <i>A. flavus</i> * (Log cfu/g)	Rata-rata Kapang (Log cfu/g)
Bogor (Jagung manis)	Petani	2	0	32,0±0,8	< 1,0 <sup>a</sup>	5,9±0,0
	Pengumpul	2	0	34,1±0,0	< 1,0 <sup>a</sup>	6,2±0,0
	Pasar Induk	4	1	34,2±0,0	1,9±2,6 <sup>b</sup>	6,2±0,0
	Pengecer	6	0	34,0±0,0	< 1,0 <sup>a</sup>	6,0±0,2
Boyolali (Jagung pipil)	Petani	2	1	22,3±0,8	1,0±0,0 <sup>a</sup>	4,5±0,0
	Pemipil	2	1	14,0±2,3	2,6±0,0 <sup>c</sup>	3,9±0,0
	Pengumpul	3	3	15,1±1,6	2,7±1,2 <sup>c</sup>	4,7±0,1
	Pasar induk	6	5	16,0±1,2	2,6±0,5 <sup>c</sup>	4,4±0,6
	Pengecer	3	2	15,0±1,4	1,7±1,4 <sup>b</sup>	4,1±1,6
Bojonegoro (jagung pipil)	Petani	10	4	14,1±0,4	0,9±1,1 <sup>a</sup>	3,7±0,7
	Pemipil	10	7	13,9±1,1	1,8±1,3 <sup>b</sup>	3,5±1,4
	Pengering	8	4	12,7±1,0	1,3±1,2 <sup>ab</sup>	3,0±1,4
	Pengumpul	8	7	13,3±1,0	2,2±1,1 <sup>c</sup>	3,7±1,0
	Pasar Induk	10	7	14,2±1,5	1,9±1,4 <sup>bc</sup>	3,6±0,4

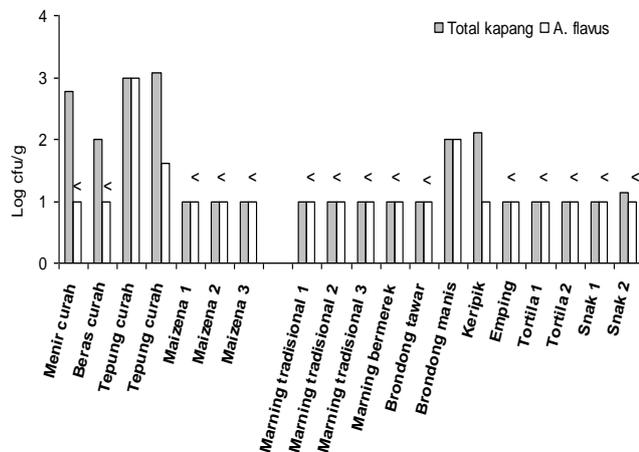
\* Keterangan: huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 95%

Tabel 4. Suhu dan kelembaban relatif penyimpanan jagung di beberapa tingkat distribusi

Lokasi	Tingkat distribusi	n	Suhu simpan (°C)	Kelembaban Relatif (%)	Lama simpan
Bogor	Petani	5	27,1 ± 4,3	75,0 ± 5,7	3-5 jam
	Pengumpul	5	31,0 ± 1,4	72,5 ± 2,1	4-12 jam
	Pasar Induk	4	30,5 ± 0,7	74,0 ± 1,4	1-2 hari
	Pengecer	7	28,5 ± 2,1	70,0 ± 7,1	1-2 hari
Boyolali	Petani	15	32,6 ± 0,5	64,6 ± 2,5	2-5 hari
	Pengumpul	9	32,7 ± 0,3	69,9 ± 4,3	3-15 hari
	Pasar induk	5	32,3 ± 0,9	63,5 ± 1,3	3-15 hari atau sampai tejual
	Pengecer	5	33,6 ± 1,2	71,0 ± 8,1	3-7 hari atau sampai tejual
Bojonegoro	Petani	10	34,5 ± 0,0	51,3 ± 1,3	1-3 hari
	Pemipil	10	34,6 ± 0,5	54,6 ± 2,5	1-3 hari
	Pengering	8	34,7 ± 0,3	49,9 ± 4,3	3 hari
	Pengumpul	8	34,3 ± 0,9	53,5 ± 1,3	7-30 hari
	Pasar induk	10	33,6 ± 1,2	52,1 ± 2,8	3-15 hari atau sampai tejual

Hal ini selain diduga karena kondisi penyimpanan yang kurang memadai, juga didukung oleh lamanya periode pengumpulan Hasil survei di daerah Boyolali maupun di Bojonegoro menunjukkan bahwa penyimpanan jagung pipil yang terlama dilakukan oleh pengumpul yaitu sampai sekitar 15 hari di Boyolali, atau bahkan sampai 30 hari di Bojonegoro (Tabel 4). Secara umum, data-data tentang suhu, kelembaban relatif dan lama penyimpanan jagung menunjukkan bahwa penanganan jagung dari tingkat petani sampai dengan pasar induk atau pengecer, rawan terhadap munculnya cemaran kapang *A. flavus*, karena kondisi penyimpanan dapat memacu tumbuhnya kapang tersebut.

Pada Gambar 1 ditampilkan hasil analisis kandungan total kapang maupun *A. flavus* pada produk setengah jadi maupun produk olahan jagung. Mengacu pada SNI Tepung jagung (Badan Standarisasi Nasional, 1995) yang menyebutkan bahwa total kapang maksimum adalah 10<sup>4</sup> cfu/g atau 4 log cfu/g, maka untuk produk-produk setengah jadi yang dianalisis masih di bawah batas maksimum yang diizinkan. Namun kandungan total kapang yang mencapai sekitar 3 log cfu/g pada produk perlu diwaspadai, karena dapat memperpendek umur simpan bahan baku tersebut, mengingat penyimpanan pada suhu ruang dapat meningkatkan total kapang tersebut.



Gambar 1. Tingkat cemaran kapang dan *A. flavus* pada produk berbasis jagung (n=19). Tanda < menunjukkan bahwa angka cemaran di bawah limit deteksi yaitu 1 log cfu/g

Cemaran total kapang yang relatif tinggi ditemukan pada 2 dari 12 produk yang dianalisis, yaitu berondong manis dan keripik jagung. Walaupun demikian, tingkat cemaran tersebut masih di bawah batas maksimum SNI yaitu 1,0 x 10<sup>3</sup> cfu/g untuk produk jipang jagung (Badan Standarisasi Nasional, 1998). Begitu pula untuk produk makanan ringan yang lain, tingkat cemaran yang ditemui masih dibawah batas maksimum SNI makanan ringan ekstrudat (Badan Standarisasi Nasional, 2000) dengan kandungan cemaran kapang maksimal 5,0x10<sup>1</sup>cfu/g.

Pada Gambar 1 juga terlihat bahwa kandungan *A. flavus* yang cukup tinggi ditemukan pada salah satu sampel produk tepung jagung, yang menunjukkan risiko terdapatnya aflatoksin. Selain itu, satu dari 12 produk olahan jagung yang dianalisis juga mengandung cemaran *A. flavus* yang relatif tinggi, yaitu berondong manis jagung, sedangkan produk lainnya tidak ditemukan mengandung *A. flavus*.

**Cemaran aflatoksin pada produk jagung**

Dua puluh lima sampel jagung yang terdiri atas jagung pipil, bahan mentah dan produk olahan siap konsumsi telah diuji kandungan aflatoksin B1, B2, G1 dan G2 (Tabel 5).

Cemaran aflatoksin B1 melebihi batas deteksi (>4 ppb) ditemukan pada 10 sampel (40%), sedangkan aflatoksin B2, G1 dan G2 ditemukan di bawah limit deteksi pada semua sampel. Selanjutnya data juga menunjukkan bahwa 16% sampel tercemar aflatoksin melebihi batas aturan yang diijinkan yaitu di atas 20 ppb.

Dua dari 3 sampel jagung pipil dari petani yang dianalisa ditemukan mengandung aflatoksin walaupun dibawah limit deteksi analisis. Dengan kata lain, cemaran aflatoksin sudah mulai terlihat, walaupun dengan jumlah yang sangat rendah pada jagung di tingkat petani. Di tingkat pemipil sudah terlihat cemaran aflatoksin yang relatif tinggi walaupun masih di bawah batas 20 ppb.

Dharmaputra et al. (1993) menyebutkan bahwa kontaminasi aflatoksin pada jagung untuk pakan berawal dari petani, kemudian meningkat selama masa penyimpanan oleh pedagang pengumpul. Hedayati et al. (2007) juga menyatakan bahwa *A. flavus* sudah dapat memproduksi aflatoksin sebelum masa panen.

Tabel 5. Cemaran aflatoksin pada jagung pipil, bahan mentah dan produk akhir

Sampel uji	Cemaran <i>A. Flavus</i> (cfu/g)	Kandungan Aflatoksin (ppb)			
		B1	B2	G1	G2
<b>A. Jagung pipil</b>					
Petani 1	<10	0	<3	<4	<3
Petani 2	1,0 x 10 <sup>2</sup>	<4	<3	<4	<3
Petani 3	1,0 x 10 <sup>2</sup>	<4	<3	<4	<3
Pemipil	1,6 x 10 <sup>3</sup>	19,63	<3	<4	<3
Pengumpul 1	5,0 x 10 <sup>3</sup>	11,98	<3	<4	<3
Pengumpul 2	<10	0	<3	<4	<3
<b>B. Bahan Mentah</b>					
Menir Jagung	<10	9,8	<3	<4	<3
Tepung Jagung	1,0 x 10 <sup>3</sup>	38,84	<3	<4	<3
Beras Jagung 1	<10	29,65	<3	<4	<3
Beras Jagung	<10	<4	<3	<4	<3
Maizena 1	<10	<4	<3	<4	<3
Maizena 2	<10	<4	<3	<4	<3
Maizena 3	<10	7,92	<3	<4	<3
Maizena 4	<10	<4	<3	<4	<3
<b>C. Produk Akhir</b>					
Jagung kaleng	<10	<4	<3	<4	<3
Marning Jagung	<10	9,64	<3	<4	<3
Keripik Jagung	<10	<4	<3	<4	<3
Emping Jagung	<10	<4	<3	<4	<3
Jagung Meksiko	<10	<4	<3	<4	<3
Popcorn	<10	<4	<3	<4	<3
Brondong Jagung	1,0 x 10 <sup>2</sup>	137,53	<3	<4	<3
Corn Stick	<10	0	<3	<4	<3
Jagung puff	<10	43,99	<3	<4	<3
Grontol Jagung	<10	4,99	<3	<4	<3
Snack Jagung	<10	<4	<3	<4	<3

Wicklow *et al.* (1998) mengatakan bahwa kondisi lingkungan terutama suhu dan kelembaban relatif selama musim tanam merupakan faktor yang mempengaruhi terjadinya kontaminasi aflatoksin pada jagung. Namun sebagaimana juga ditunjukkan oleh hasil analisis, tidak semua jagung di tingkat petani tercemar aflatoksin. Kondisi ini kemungkinan besar didukung oleh adanya upaya perbaikan yang cukup efektif dalam hal produksi jagung dimana cara bercocok tanam merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam menghindari kontaminasi aflatoksin pada jagung.

Prevalensi cemaran aflatoksin terbesar terdapat pada sampel bahan mentah, dimana 2 dari 8 produk terkontaminasi aflatoksin lebih dari 20 ppb, dan terdeteksi pada semua sampel yang diuji. Sampel-sampel pada kategori ini diproduksi tanpa melalui proses pemasakan, yakni hanya melewati proses pengecilan ukuran. Lamanya penyimpanan sebelum dimulainya proses produksi sampel jenis ini diduga dapat menjadi penyebab kontaminasi aflatoksin.

Data kuantitatif mengenai kadar aflatoksin pada jagung sebagai bahan baku produk pangan di Indonesia masih relatif sedikit. Data lebih dari 10 tahun yang lalu menunjukkan bahwa jagung yang diperoleh dari petani di daerah Lampung mengandung aflatoksin B1 berkisar antara 23,4-278,7 ppb (Dharmaputra *et al.*, 1993). Selain itu Roedjito *et al.* (1994) melaporkan bahwa pada komoditi jagung, beras, kedelai, dan kacang tanah yang berasal dari toko, pasar, warung, dan rumah tangga di kota Semarang dan Bogor juga ditemukan memiliki kadar aflatoksin lebih dari 15 ppb pada hampir semua sampel.

**Faktor pemicu pertumbuhan *A. flavus* dan terbentuknya aflatoksin**

Untuk mengetahui korelasi antara faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kapang *A. flavus* serta terbentuknya aflatoksin pada jagung pipil dilakukan uji Bivariat dengan korelasi rank Spearman. Data analisis yang digunakan adalah data jagung pipil yang diperoleh dari daerah Bojonegoro (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil analisis Bivariat terhadap faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *A. flavus* dan terbentuknya aflatoksin pada jagung pipil di daerah Bojonegoro

Parameter independen	Parameter dependen	N	Hasil uji korelasi Spearman
Kadar air	<i>A. flavus</i>	46	0,036 (tidak signifikan)
Kelembaban relatif	<i>A. flavus</i>	46	0,41 (signifikan pada $\alpha = 0,01$ )
Suhu	<i>A. flavus</i>	46	-0,038 (tidak signifikan)
Lama simpan	<i>A. flavus</i>	36	0,376 (signifikan pada $\alpha = 0,05$ )

Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa tumbuhnya *A. flavus* tidak mempunyai korelasi secara signifikan dengan kadar air jagung pipil dan suhu penyimpanan, tetapi berkorelasi nyata dengan kelembaban relatif dan lama simpan jagung pipil. Hal ini menunjukkan bahwa upaya untuk menurunkan kadar air jagung pipil sampai dengan 14% secara umum sudah dapat dicapai oleh para pengelola jagung pipil di daerah Bojonegoro, dan tidak mempengaruhi tumbuhnya kapang *A. flavus*. Sebagaimana tercantum pada Tabel 3, kadar air jagung pipil dari Bojonegoro berkisar antara 12,7% dan 14,2%. Sebaliknya, hasil penelitian mengindikasikan bahwa penanganan jagung pipil selama penyimpanan, baik kelembaban relatif lingkungan penyimpanan maupun lama penyimpanan, berpengaruh secara signifikan terhadap tumbuhnya kapang *A. flavus*.

Gibson *et al.* (1994) juga menyebutkan bahwa kelembaban relatif lingkungan merupakan faktor yang terpenting yang mempengaruhi pertumbuhan *A. flavus*, dibandingkan kondisi lingkungan lainnya. Oleh karena itu, hal ini perlu mendapat perhatian untuk pengendalian dan penanggulangan cemaran *A. flavus* termasuk intervensi penanganan produk pangan berbasis jagung. Penyuluhan, terutama terhadap para pedagang pengumpul, tentang cara penyimpanan jagung pipil yang baik dan benar perlu ditingkatkan, selain terhadap pelaku distribusi jagung pipil lainnya. Sebagaimana tercantum pada Tabel 2, data menunjukkan bahwa para pedagang pengumpul melakukan pengumpulan dan penyimpanan yang relatif lebih lama dibandingkan dengan petani maupun pelaku distribusi jagung pipil lainnya. Selain itu, data menunjukkan bahwa terbentuknya aflatoksin pada jagung pipil di daerah Bojonegoro juga dipengaruhi secara signifikan oleh tingkat cemaran kapang *A. flavus* (pada  $\alpha=0,05$ , data tidak ditampilkan). Walaupun data yang digunakan sedikit (N=6), namun hasil uji tersebut menunjukkan kesamaan dengan hasil uji Dharmaputra *et al.* (1993) (N=34, data tidak ditampilkan), bahwa pada jagung pipil di propinsi Lampung terbentuknya aflatoksin pada jagung pipil juga dipengaruhi oleh tingkat cemaran kapang *A. flavus*.

Berbeda dengan hasil uji bivariat terhadap jagung pipil, uji bivariat terhadap produk olahan jagung menunjukkan bahwa

cemaran aflatoksin pada produk pangan berbasis jagung tidak dipengaruhi oleh tingkat cemaran kapang *A. flavus* (N=10 data tidak ditampilkan). Sebagaimana tercantum pada Tabel 5, hanya 10% sampel produk pangan olahan berbasis jagung yang tercemar *A. flavus*, tetapi 36% dari sampel yang sama mengandung aflatoksin di atas 4 ppb (batas deteksi), dan 20% mengandung aflatoksin B1 lebih besar dari 20 ppb. Pada proses pengolahan, sangat mungkin kapang *A. flavus* sudah terinaktivasi, tetapi aflatoksin yang terbentuk tidak terinaktivasi.

## KESIMPULAN

Hasil survei pada rantai distribusi jagung, terutama jagung pipil, menunjukkan bahwa tingkat cemaran kapang *A. flavus* tertinggi ditemukan di tingkat pengumpul. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kelembaban relatif lingkungan penyimpanan maupun lama penyimpanan berpengaruh secara signifikan terhadap tumbuhnya kapang *A. flavus* pada jagung pipil. Selanjutnya, tingkat cemaran kapang *A. flavus* berpengaruh secara nyata terhadap terbentuknya aflatoksin pada jagung pipil, tetapi tidak berpengaruh secara nyata terhadap pada terbentuknya aflatoksin pada produk olahan jagung siap konsumsi.

Penyuluhan, terutama terhadap para pedagang pengumpul, tentang cara penyimpanan jagung pipil yang baik dan benar perlu ditingkatkan, selain terhadap pelaku distribusi jagung pipil lainnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Tim Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Depdiknas yang telah mendanai penelitian ini melalui program Hibah Bersaing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amadi JE, Adeniyi DO. 2009. Mycotoxin production by fungi isolated from stored Grains. *African J Biotechnol* 7:1219-1221.
- AOAC [Association of Official Analytical Chemist]. 1995. Official methods of analysis. USA: Association of Official Analytical Chemist. p. 777-781.
- Badan Pusat Statistik. 2010. Luas panen, produktivitas dan produksi tanaman jagung seluruh Propinsi. [http://www.bps.go.id/tnmn\\_pgn.php?eng=0](http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php?eng=0). [20 Mei 2010]
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. Standar Nasional Indonesia. SNI 01-3920-1995. Jagung.
- Badan Standarisasi nasional. 1995. Standar Nasional Indonesia. SNI 01-3727-1995. Tepung Jagung.
- Badan Standarisasi nasional. 1998. Standar Nasional Indonesia. SNI 01-4450-1998. Jipang Jagung.
- Badan Standarisasi nasional. 2000. Standar Nasional Indonesia. SNI 01-2886-2000. Makanan Ringan Ekstrudat.
- Bainton SJ, Coker RD, Jones BD, Morley EM, Nagler MJ, Turner RL. 1980. Mycotoxin training manual; Tropical Product Institute, London p. 1-176.
- Brown RL, Chen ZY, Cleveland TE, Russin JS. 1999. Advances in the development of host resistance in corn to aflatoxin contamination by *Aspergillus flavus*. *Phytopathol.* 89:113-117.
- Dharmaputra OS, Ina R, Sunjaya, Santi A. 1993. Populasi *Aspergillus flavus* dan Kandungan Aflatoksin Pada jagung di Tingkat Petani dan Pedagang di Propinsi Lampung. SEAMEO BIOTROP, Bogor.
- FAO [Food and Agriculture Organization]. 2001. Manual on the Application of the HACCP System in Mycotoxin Prevention and Control. <http://www.fao.org/docrep/005/Y1390E/y1390e00.HTM>. [10 Januari 2010].
- Firmansyah IU, Aqil M, Sinuseng Y. 2006. Penanganan Pascapanen Jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Gao J, Liu Z, Yu J. 2007. Identification of *Aspergillus* section Flavi in maize in northeastern China. *Mycopathologia* 164:91-95
- Gibson AM, Baranyi J, Pitt MJ, Eyles MJ, Roberts TA. 1994. Predicting fungal growth: the effect of water activity on *Aspergillus flavus* and related species. *Int. J Food Microbiol* 23: 419-431
- Hedayati MT, Pasqualotto AC, Warn PA, Bowyer P, Denning DW. 2007. *Aspergillus flavus*: human pathogen, allergen and mycotoxin producer. *Microbiol* 153: 1677-1692
- Nesci A, Etcheverry M. 2002. *Aspergillus* section Flavi populations from field maize in Argentina. *Lett Appl Microbiol* 34: 343-348
- Probst C, Njapau H, Cotty PJ. 2007. Outbreak of an Acute Aflatoxicosis in Kenya in 2004: Identification of the Causal Agent. *Appl Environ Microbiol* 98: 2762-2764
- Rahmat R. 1997. Usaha Tani Jagung. Kanisius, Yogyakarta.
- Roedjito D, Anwar F, Damayanthi E. 1994. Studi Analisis Kandungan Aflatoksin Komoditi Serealia, Kacang-kacangan dan Hasil Olahan di Pasar dan Rumah Tangga. Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Ditjen DIKTI, Depdikbud. Jakarta
- Sauer DB. 1986. Condition that affect growth of *Aspergillus flavus* and production of aflatoxin in stored maize. In *Proceedings of the workshop, El Batan, Mexico*, p. 41-50.
- Tournas V, Stack ME, Mislivec PB, Koch HA, Bandler R. 2001. Chapter 18 Yeasts, Molds and Mycotoxins. *Bacteriological Analytical Manual Online*, 8th Edition. <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-18.html> [26 Juli 2008].
- Van Egmond HP, Jonker MA. 2005. Worldwide regulation of aflatoxin. In: *Aflatoxin and Food Safety*. Abbas HK (Editor). CRC Taylor & Francis Group.
- Wicklow DT, Weaver DK, Throne JE. 1998. Fungal colonists of maize grain conditioned at constant temperatures and humidities. *J Stored Prod Res* 34:355-361.
- Zummo N, Scott GE. 1990. Relative aggressiveness of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* on maize in Mississippi. *Plant Disease*. 74:978-981.