

KONTAMINASI AFLATOKSIN DAN CARA PENGENDALIANNYA MELALUI PENANGANAN PRA DAN PASCAPANEN

Agustina A. Rahmianna, Erliana Ginting, dan Eriyanto Yusnawan

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

PENDAHULUAN

Aflatoksin merupakan senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik, diproduksi oleh strain tertentu jamur *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus* (Horn *et al.* 2000; Klich 2007). Penemuan aflatoksin bermula dari munculnya penyakit ‘Turkey X’ di Inggris pada tahun 1962 di mana 100.000 kalkun mati setelah makan kacang tanah terkontaminasi aflatoksin (Forgacs dan Carll 1962 dalam Amaike dan Keller 2011). Ratusan orang meninggal dunia di Kenya akibat mengkonsumsi jagung yang terkontaminasi aflatoksin pada kurun waktu kurang dari 10 tahun terakhir (Lewis *et al.* 2005). Aflatoksin mengakibatkan aflatoksikosis pada manusia atau ternak karena menghirup atau mengkonsumsi makanan atau pakan terkontaminasi aflatoksin dalam kadar yang tinggi. Aflatoksikosis menjadi masalah serius di negara berkembang terutama di Asia dan Afrika. Di negara maju seperti Amerika Serikat, kehilangan hasil akibat kontaminasi aflatoksin dilaporkan mencapai jutaan dollar (Amaike dan Keller 2011).

Isu aflatoksin sudah mendunia sebab bahaya yang ditimbulkannya tidak hanya pada kesehatan dan keselamatan manusia tetapi juga pada ternak. Aflatoksin bersifat karsinogenik (penyebab kanker), mutagenik (ICAR 1987) dan *immuno suppressive* (Heathcote dan Hibbert 1978 dalam Wotton dan Strange 1985; IARC 1987 dalam Mobeen *et al.* 2011). Oleh karena itu, aflatoksin termasuk golongan karsinogen kelas 1 terhadap manusia (IARC 1993 dalam Bankole *et al.* 2005), serta mempunyai predikat sebagai hepatotoxic, carcinotoxic dan teratogenic (Keenan dan Savage 1994). Aflatoksin bersifat akumulatif dan akan menjadi masalah apabila sebanyak 1000 ppb telah mengendap di dalam hati (Heathcote dan Hibbert 1978 dalam Wotton dan Strange 1985; Daren dan Shengyu 1997; Ullah 1997). Aflatoksin berpotensi menyebabkan kerusakan hati, pengerasan hati (*cirrhosis*) dan kanker hati (Hongkong Food dan Environmental Hygiene 2001 dalam Paramawati *et al.* 2006). Sifat karsinogenik yang dipunyai aflatoksin menyebabkan adanya hubungan sebab akibat antara mengkonsumsi kacang tanah atau produk olahannya yang mengandung aflatoksin dengan kanker hati, terutama di negara-negara berkembang di Afrika, India, Asia Tenggara, Bangladesh dan China. Pada ternak, selain kanker hati, aflatoksin juga menyebabkan turunnya berat badan dan produksi susu atau telur karena berkurangnya nafsu makan.

Beragam komoditas pertanian berpotensi terkontaminasi aflatoksin, terutama kacang tanah, jagung, biji kapas, beras dan hasil ternak yang mengkonsumsi bahan tersebut, seperti susu dan telur.

PENGERTIAN AFLATOKSIN

Kacang tanah merupakan salah satu komoditas pertanian internasional yang dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan bahan baku industri karena kaya akan kandungan lemak, protein dan karbohidrat. Sentra produksi kacang tanah tersebar di negara-negara Asia, Afrika, Amerika Selatan, dan Amerika Utara (Tillman dan Stalker 2009). Di Indonesia sebagian besar kacang tanah dikonsumsi dalam bentuk bumbu kacang, makanan

ringan (direbus, digoreng, disangrai), bahan campuran atau pengisi kue dan roti, serta olahan industri, seperti minyak kacang, tepung dan pasta, dengan tingkat konsumsi rata-rata 2,4 kg/kapita/tahun (FAOSTAT 2009). Oleh karena itu, diperlukan bahan baku kacang tanah yang memenuhi standar mutu agar aman dikonsumsi. Hal ini berkaitan dengan rentannya biji kacang tanah terhadap kontaminasi aflatoksin, baik pada saat penanganan pra maupun pascapanen.

JENIS-JENIS AFLATOKSIN

Jamur *A. flavus* dan *A. parasiticus* mampu menghasilkan empat senyawa utama aflatoksin (AfB₁, AfB₂, AfG₁, dan AfG₂) dan aflatoksin M₁ dan M₂ yang merupakan turunan aflatoksin B₁ dan B₂ pada lingkungan yang mendukung. *Aspergillus flavus* secara umum memproduksi golongan toksin B (Abbas *et al.* 2004b; Payne 1998). Jagung, biji kapas dan kacang tanah pada umumnya terkontaminasi aflatoksin B₁ setelah terjadi kolonisasi *A. flavus* (Abbas *et al.* 2009). Senyawa-senyawa toksin tersebut diberi nama sesuai dengan karakteristik warna fluoresen pada saat pendeteksian menggunakan gelombang ultraviolet ($\lambda = 365$ nm) setelah pemisahan senyawa menggunakan kromatografi lapis tipis (*thin layer chromatography*). AfB₁ dan AfB₂ menghasilkan warna fluoresen biru, sedangkan AfG₁ dan AfG₂ memproduksi warna fluoresen hijau (Klich 2007). Dari 12 jenis aflatoksin yang telah diidentifikasi (Goto 1990) aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ umum ditemui pada bahan pangan dan pakan serta aflatoksin M₁ pada susu, dan telah diketahui bahwa aflatoksin B₁ banyak dihasilkan jamur *A. flavus* di Indonesia (Dharmaputra 2002). Di antara semuanya, aflatoksin B₁ dan M₁ merupakan toksin yang mendapat perhatian utama karena toksisitasnya terhadap hewan dan manusia (Bhatnagar *et al.* 2006), dan karena paling berbahaya, AfB₁ seringkali dipakai sebagai ambang batas maksimum aflatoksin dalam bahan pangan dan pakan (Goto 1990).

STANDAR MUTU KOMODITAS KACANG TANAH

Di Indonesia, semua bahan pangan yang diperdagangkan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Khusus untuk komoditas kacang tanah, Pemerintah RI telah menetapkan standar mutu fisik untuk kacang tanah yang diperdagangkan dalam bentuk polong (gelondong) maupun ose (biji). Standar mutu yang tertuang dalam Standar Nasional Indonesia tahun 1995 mengatur mutu fisik (Tabel 1 dan 2). Dari kedua standar mutu fisik polong dan biji, telah disyaratkan bahwa kacang tanah yang diperdagangkan harus bermutu tinggi yaitu utuh, kadar air rendah, dan bebas dari kotoran.

Selain mutu fisik kacang tanah (Tabel 1 dan 2), aspek keamanan pangan, yakni batasan kadar aflatoksin juga perlu diperhatikan karena telah menjadi isu global, terlebih dengan diberlakukannya *bio-terrorism act* di tingkat internasional, karena besarnya efek negatif aflatoksin secara langsung terhadap manusia dan ternak. Beberapa negara mempepori untuk menetapkan ambang batas maksimum cemaran aflatoksin pada makanan. Setidaknya tercatat 76 negara yang telah menetapkan ambang batas cemaran aflatoksin total dalam makanan sebesar 0–35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb = *part per billion*) (FAO 2003). Peraturan mengenai ambang batas maksimum cemaran aflatoksin total dalam makanan yang bervariasi antar negara mengindikasikan adanya perbedaan toleransi cemaran yang diperbolehkan untuk dikonsumsi. Sebagai contoh Amerika Serikat menetapkan ambang maksimum sebesar 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ untuk makanan, 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ untuk susu, dan 300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ untuk

jagung dan biji kapas sebagai pakan (Klich 2007). Negara-negara maju seperti Australia, Belanda, Jepang, Denmark dan Inggris telah menetapkan ambang batas aflatoksin untuk kacang tanah dan produk olahannya dengan batasan 0–20 ppb (Goto 1990; Dorner 2008). Codex Alimentarius Commission FAO menetapkan batasan 15 ppb untuk total aflatoksin (B_1 , B_2 , G_1 and G_2) pada biji kacang tanah yang diproses lebih lanjut, sementara negara-negara Uni Eropa sangat ketat menerapkan batasan 4 ppb untuk total aflatoksin dan 2 ppb aflatoksin B_1 untuk kacang tanah yang siap dikonsumsi (Murphy *et al.* 2006). Secara spesifik, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menetapkan ambang batas cemaran aflatoksin B_1 pada makanan dan produk olahan sebesar 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Dharmaputra *et al.* 2003), dan pada tahun 2009 diperbaiki menjadi maksimum 15 ppb untuk aflatoksin B_1 dan 20 ppb untuk total aflatoksin pada produk olahan kacang tanah (DSN 2009 dalam Rahayu 2011).

Oleh karena itu, produksi kacang tanah di Indonesia harus mengacu pada standar mutu yang ditetapkan, baik secara lokal, nasional, maupun internasional agar dapat bersaing di pasaran dan produk olahannya aman dikonsumsi.

Tabel 1. Standar mutu fisik polong kacang tanah (gelondong).

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan mutu		
			I	II	III
1.	Kadar air (maksimum)	%	8	9	9
2.	Kotoran (maksimum)	%	1	2	3
3.	Polong keriput (maksimum)	%	2	3	4
4.	Polong rusak (maksimum)	%	0,5	1	2
5.	Polong berbiji satu (maksimum)	%	3	4	5
6.	Rendemen (maksimum)	%	65	62,5	60

Sumber: SNI 1995.

Tabel 2. Standar mutu fisik biji kacang tanah (ose)

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan mutu		
			I	II	III
1.	Kadar air (maksimum)	%	6	7	8
2.	Butir rusak (maksimum)	%	0	1	2
3.	Butir belah (maksimum)	%	1	5	10
4.	Butir warna lain (maksimum)	%	0	2	3
5.	Kotoran (maksimum)	%	0	0,5	3
6.	Diameter (minimum)	%	8	7	6

Sumber: SNI 1995.

STATUS AFLATOKSIN PADA BIJI DAN PRODUK OLAHANNYA

Kontaminasi aflatoksin dapat terjadi pada biji, minyak, bungkil, tepung dan produk makanan berbahan baku kacang tanah. Infeksi jamur *A. flavus* pada biji kacang tanah terjadi di setiap mata rantai perdagangan mulai dari petani, penebas, pengumpul, pabrik, hingga pedagang di pasar dan industri olahan. Pengamatan di Kab. Pati menunjukkan tingkat infeksi jamur *A. flavus* pada biji kacang tanah ketika masih belum dipanen berkisar antara 17–25% dan 25–40% masing-masing pada kacang tanah yang ditanam pada musim hujan dan musim kemarau (Dharmaputra *et al.* 2003). Hal yang sama juga terjadi di Kab. Banjarnegara, dengan tingkat infeksi berkisar antara 0–19% (Rahmianna *et al.*

2007). Tingkat kontaminasi aflatoksin B₁ relatif kecil (≤ 15 ppb) pada kacang tanah polong (kadar air 46–49%) di tingkat petani, penebas dan pedagang pengumpul (Tabel 3). Sebaliknya, kontaminasi aflatoksin relatif tinggi (1,7–124 ppb) pada biji kacang tanah (k.a. 8,43%) di tingkat pedagang pengecer (Dharmaputra *et al.* 2003), bahkan lebih tinggi hingga 2.024 ppb di tingkat pedagang pengecer di pasar tradisional di Kab. Sinjai, Sulsel (Tabel 3).

Dharmaputra *et al.* (1989) melaporkan cemaran aflatoksin B₁ dengan kisaran 0–1.154 ppb dan 80% diantaranya >30 ppb pada biji kacang tanah yang diambil dari pedagang pengecer di tiga pasar di Bogor. Goto *et al.* (1999) yang mengambil sampel biji kacang tanah dari tiga pasar di daerah Muntilan, Malang dan Denpasar melaporkan kadar aflatoksin B₁ sebesar <1 –206 ppb. Kisaran hasil yang mirip juga diperoleh pada sampel biji kacang tanah dari beberapa pasar di empat kabupaten di Provinsi Lampung sebesar 4,4–205 ppb (Paramawati *et al.* 2006), kontaminasi aflatoksin B₁ >15 – >100 ppb pada sampel biji yang dijual oleh pedagang pengecer di 6 pasar tradisional di Kab. Banjarnegara (Rahmianna *et al.* 2007). Ternyata sampel biji kacang tanah yang diperoleh dari pedagang pengecer di pasar-pasar tradisional menunjukkan kadar aflatoksin yang relatif tinggi. Fakta di atas menunjukkan besarnya peluang kontaminasi aflatoksin pada proses pengeringan dan penyimpanan, juga selama dalam jalur pemasaran dari pedagang pengumpul sampai ke tingkat pedagang pengecer.

Prosesor kacang tanah, terutama skala kecil biasanya membeli bahan baku dari pedagang pengecer di pasar-pasar tradisional, sehingga kemungkinan kontaminasi aflatoksin pada produk olahan yang dihasilkan cukup besar. Sampel bumbu pecel yang diambil dari pedagang pengecer di Bogor, Yogyakarta, Malang dan Wonogiri, ternyata mengandung total aflatoksin 0–221 ppb. Fenomena yang sama juga tampak pada sampel *enting-enting gepuk*, namun dengan kisaran yang lebih kecil, yakni 0–24 ppb (Tabel 3). Kriteria pemilihan bahan baku kacang tanah yang lebih baik untuk *enting-enting gepuk* (karena mempengaruhi kenampakan produk) dibanding dengan bumbu pecel, dapat menyebabkan perbedaan di atas.

Sementara prosesor kacang tanah skala besar, seperti di daerah Pati umumnya menerima pasokan bahan baku langsung dari penebas atau pedagang pengumpul (Dharmaputra *et al.* 2003a), dengan menetapkan persyaratan khusus yang diperlukan untuk pengolahan produk kacang tanah tertentu. Sebagai contoh, kacang Garuda, Pati, Jawa Tengah menetapkan kualitas ekspor untuk bahan baku pengolahan kacang garing, yakni polong harus berbiji dua, masak optimal (tidak boleh muda), kenampakan polong bersih, kulit tidak pecah, bentuk fisik bagus (polong lurus) dan tangkai polong harus dibuang (Kacang Garuda Grup 1998). Industri pengolahan tersebut juga tidak menerima pasokan kacang tanah polong yang telah dipanen lebih dari 48 jam. Tidak mengherankan apabila sampel kacang tanah polong basah dan kacang garing yang diperoleh dari pabrik ini menunjukkan tingkat kontaminasi aflatoksin B₁ yang cukup rendah, yakni <5 ppb.

Demikian pula untuk sampel kacang garing yang diperoleh di tingkat pedagang pengecer di daerah Pati, kandungan aflatoksin B₁ <5 ppb (Dharmaputra *et al.* 2003). Sortasi awal bahan baku yang menghendaki kenampakan dan bentuk kacang tanah polong yang baik untuk kacang garing, memperkecil peluang kontaminasi aflatoksin. Sementara relatif rendahnya kandungan aflatoksin B₁ (<15 ppb) pada sampel kacang telur/kacang atom (*flour coated peanut*), selain karena pemilihan bahan baku (biji utuh) juga karena

terlindungi oleh adonan tepung yang dicampur dengan bawang putih dan garam (Dharmaputra *et al.* 2003).

Tabel 3. Kandungan aflatoksin pada sampel kacang tanah dan produk olahannya di Indonesia.

Kacang tanah/produk olahan	Kadar aflatoksin B ₁ (ppb)
Biji kacang tanah ^a	180
Biji kacang tanah dari pedagang di pasar ^b	0–1,154
Biji kacang tanah dari berbagai pedagang ^c	2,5–30
Biji kacang tanah dari pedagang di pasar ^d	<1–206
Biji kacang tanah dari pedagang pengecer ^e	1,7–124
Polong kacang tanah di petani, penebas, pengumpul ^e	15
Polong kacang tanah di petani Kec. Purwanegara, Banjarnegara ^h	>5–>100
Polong kacang tanah di petani Kec. Bawang, Banjarnegara ^h	>5–≤ 50
Polong kacang tanah dari pedagang pengumpul di Banjarnegara ^h	>5–≤ 15
Polong kacang tanah dari pedagang pengecer di Banjarnegara ^h	>5–>100
Polong kacang tanah dari prosesor di Banjarnegara ^h	>5–≤ 50
Biji kacang tanah dari petani Kab. Sinjai, Sulawesi Selatan ⁱ	0,4–329,7
Biji kacang tanah dari pedagang pengumpul Kab. Sinjai, Sulsel ⁱ	0,3–2024,2
Biji kacang tanah dari pedagang eceran Kab. Sinjai, Sulsel ⁱ	0,3–161,6
Biji kacang tanah dari pedagang besar Kab. Sinjai, Sulsel ⁱ	41,3
Bumbu kacang tanah ^a	83
Bumbu pecel ^{e,f}	0–221
Gado-gado ^g	12,4–52,5
Karedok ^g	60
Ketoprak ^g	10–25
Ketupat tahu ^g	10
Kacang goreng ^g	30
Kacang rebus ^a	80
Kacang garing/asin ^a	Td
Kacang garing/asin ^e	< 5
Kacang telur (flour coated peanut) ^a	Td
Kacang telur (flour coated peanut) ^e	< 15
Enting-enting gepuk ^{e,f}	0–24
Selai kacang tanah (peanut butter) ^a	13
Selai kacang tanah (peanut butter) ^d	10
Tempe kacang tanah ^d	20
Oncom ^a	67
Oncom goreng ^a	41
Cake manis kacang tanah ^a	170
Minyak kacang tanah ^a	61
Bungkil kacang tanah ^a	126

Sumber: ^a Muhilal *et al.* 1971 dalam Mahmud 1989; ^b Dharmaputra *et al.* 1989; ^c Haryadi dan Setiastuti 1994; ^d Goto *et al.* 1999; ^e Dharmaputra *et al.* 2003; ^f Dharmaputra *et al.* 2003; ^g Fardiaz 1997. ^h Rahmianna *et al.* 2007; ⁱ Rahmianna *et al.* 2012; Td = tidak ada data.

BIOLOGI DAN EKOLOGI JAMUR *ASPERGILLUS FLAVUS*

Aspergillus flavus merupakan jamur saprofit yang hidup di dalam tanah dan mampu menginfeksi komoditas penting seperti kacang tanah (gejala *yellow mold*), jagung (gejala *ear rot*) dan biji kapas, sebelum dan setelah panen. Jamur strain toksik dapat meng-

akibatkan aflatoksikosis dan/atau kanker hati pada ternak dan manusia, yang terjadi baik melalui konsumsi produk terkontaminasi maupun melalui pertumbuhan invasif (menyebabkan *aspergillosis*) yang membawa akibat fatal bagi pasien yang sensitif. Jamur ini mampu memproduksi senyawa karsinogenik turunan poliketone dan metabolit sekunder penyebab mutasi yaitu aflatoksin (B_1 , B_2 , G_1 dan G_2) (Horn dan Pitt 1997, Klich 2007), dan senyawa metabolit sekunder yang lain yaitu *cyclopiazonic acid* (CPA) dan *aflatrem* (Georgianna *et al.* 2010; Klich 2007).

Sifat toksisitas *A. flavus* di alam secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi aflatoksigenik (atau dikenal juga dengan strain toksik) dan non toksik. Strain toksik merupakan strain yang mampu menghasilkan metabolit sekunder aflatoksin, sedangkan strain non toksik adalah strain yang tidak menghasilkan toksin. Salah satu cara membedakan strain toksik dan non toksik adalah dengan membiakkan *A. flavus* pada media ekstrak kelapa (Yusnawan dan Rahmianna 2004). Strain toksik mampu menghasilkan warna perpendaran fluoresen biru pada pengamatan di bawah sinar UV ($\lambda=365$ nm) yang tidak ditemui pada strain non toksik.

a. Fase Saprofit

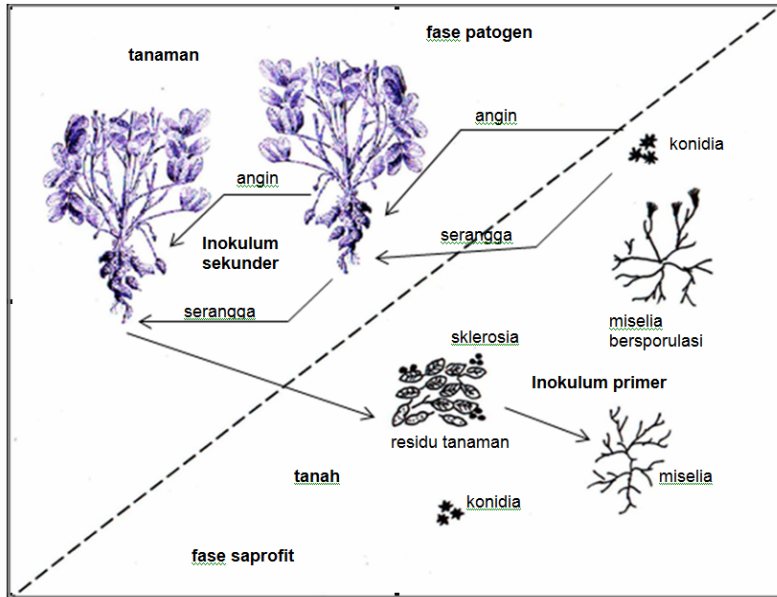
Secara garis besar, siklus hidup *A. flavus* di lapang dapat digolongkan ke dalam dua fase utama, yaitu sebagai saprofit dan patogen (Gambar 1). Sebelum terdapat tanaman inang yang rentan, *A. flavus* secara umum bersifat saprofit. Jamur mampu bertahan dalam bentuk miselia maupun konidia dan dengan segera mengkoloni tanah yang kaya bahan organik. Sumber bahan organik terutama berasal dari sisa-sisa tanaman yang tertinggal setelah panen atau yang tidak dimusnahkan. Propagul *A. flavus* ini dapat menjadi sumber inokulum primer bagi tanaman inang terutama yang berada di dalam tanah, seperti kacang tanah. Selain miselia dan konidia, *A. flavus* juga dapat bertahan di dalam tanah dalam bentuk sklerosia (Abbas *et al.* 2008; Horn 2007).

Informasi sifat saprofit *A. flavus* di dalam tanah masih terbatas. Belum lama ini, Accineli *et al.* (2008) menemukan bahwa keberadaan *A. flavus* di dalam tanah sebagai saprofit secara aktif mensintesis aflatoksin. Hal ini didukung dengan penemuan bahwa transkripsi dari lima gen pengendali biosintesis aflatoksin, yaitu *aflD*, *aflG*, *aflP*, *aflR*, dan *aflS* terdeteksi dengan RT-PCR (*reverse transcription-polymerase chain reaction*) pada tanah mengandung koloni *A. flavus*. Akan tetapi, kelemahan dari temuan ini adalah adanya fakta bahwa tidak semua strain *A. flavus* di alam menghasilkan aflatoksin. Strain *A. flavus* non-toksik secara genetik tidak menghasilkan aflatoksin.

b. Fase Patogen

Fase patogen dimulai ketika tanaman inang utama yang berupa komoditas pertanian ditanam. Pada saat awal tanam, sklerosia yang berada di permukaan tanah berkecambah menjadi sumber inokulum dan berkembang membentuk konidia baru (Gambar 1). Konidia yang terbentuk maupun yang bertahan di tanah tersebar di pertanaman melalui bantuan serangga vektor maupun hembusan angin (Horn 2007; Payne dan Widstrom 1992). Miselia jamur dari perkecambahan konidia menginfeksi jaringan tanaman, termasuk biji kacang tanah, jagung dan kapas melalui luka mikro maupun makro (Horn *et al.* 1995). Selama periode tanam, jaringan tanaman terinfeksi dapat bertindak sebagai sumber inokulum sekunder yang memproduksi konidia baru (Abbas *et al.* 2009). Sumber inokulum sekunder juga berasal dari lepidoptera yang diinfeksi oleh beberapa strain *A. flavus* dan strain yang sama dapat menginfeksi silang antar produk pertanian yang satu dengan

produk pertanian yang lain (Leger *et al.* 2000). Serangga terinfeksi merupakan agens yang efektif untuk penyebaran konidia karena sifat mobilitasnya yang tinggi.



Gambar 1. Biologi dan ekologi *A. flavus* pada tanaman kacang tanah sebagai saprofit dan patogen (Abbas *et al.* 2009 yang dimodifikasi, Yusnawan 2013).

INFEKSI JAMUR *ASPERGILLUS FLAVUS* DAN PRODUKSI AFLATOKSIN

Deraan kekeringan paling tidak selama 20–30 hari dalam periode antara 6–3 minggu menjelang panen akan menciptakan kelembaban tanah yang rendah, dan dengan didukung oleh suhu tanah yang tinggi (25–32 °C) akan menyebabkan terjadinya infeksi jamur *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin (Schearer *et al.* 1999 dalam Wright dan Cruickshank 1999; Sanders *et al.* 1985; Cole *et al.* 1989 dalam Cole *et al.* 1995). Infeksi jamur *A. flavus*, pada polong sebelum dipanen (infeksi prapanen) dan produksi aflatoksin berkaitan erat dengan populasi jamur di dalam tanah, kandungan lengas tanah, dan suhu tanah selama fase perkembangan polong hingga pemasakan biji (Craufurd *et al.* 2006).

Infeksi Jamur *Aspergillus Flavus* pada Biji

Spora jamur *A. flavus* secara alami terdapat di dalam tanah dan di udara, menginfeksi hampir semua lahan kacang tanah di dunia (Diener *et al.* 1982). Infeksi jamur ke dalam polong dapat terjadi ketika polong masih berada di lapang, saat polong dipanen, saat polong dijemur, ketika disimpan di gudang, serta dalam jalur transportasi hingga sampai ke konsumen (Dickens 1977; Diener *et al.* 1987).

Infeksi prapanen dapat terjadi mulai dari saat perkembangan ginofor menjadi polong hingga polong masak apabila polong telah rusak atau luka akibat deraan lingkungan seperti cuaca kering, serangan serangga hama, nematoda, jamur patogen, dan alat-alat penyiang gulma dan panen (Diener 1973 dalam Diener *et al.* 1982; Diener *et al.* 1982; Keenan dan Savage 1994; Pettit 1984; Cole *et al.* 1995). Selain adanya polong rusak/luka,

keriput/kecil, menurunnya kesehatan tanaman akibat serangan hama dan penyakit merupakan peluang bagi jamur untuk menginfeksi polong. Polong yang rusak sebagai jalan masuknya jamur ke biji, di mana jamur kemudian menginfeksi biji dan berkembang biak membentuk koloni (Diener *et al.* 1982).

Pada periode prapanen, kepekaan biji kacang tanah terhadap infeksi jamur *A. flavus* sangat berkaitan dengan kondisi biotik dan abiotik lingkungan, umur, dan genotipe tanaman (Mixon 1980). Pertumbuhan jamur optimum terjadi pada saat kadar air biji antara 15–30%, yang dicapai apabila kelembaban udara relatif antara 87–98%. Di sisi lain, kadar air biji sangat dipengaruhi oleh kelembaban relatif lingkungan sekitar biji (Porter *et al.* 1982). Pada kadar air biji <15% pertumbuhan jamur akan terganggu (Pettit 1984). Demikian pula pertumbuhan jamur semakin rendah dengan semakin tingginya kandungan air biji >30% (Diener *et al.* 1982). Hal ini karena adanya ketahanan biji terhadap serangan jamur dengan dihasilkannya senyawa antimikroba dan antijamur, *phytoalexin* dengan semakin tingginya kandungan air biji (Basha *et al.* 1994). Jumlah biji yang terinfeksi jamur *A. flavus* meningkat karena cekaman kekeringan selama sekitar 20–25 hari sebelum panen. Azaïzeh *et al.* (1989) menyebutkan bahwa infeksi jamur *A. flavus* pada masa prapanen akan terjadi pada saat tanaman terdera kekeringan dikombinasikan dengan suhu di *geocarphosphere* (daerah sekitar polong) antara 25–38 °C. Tampak bahwa infeksi jamur *A. flavus* pada biji berhubungan erat dengan tingkat kelembaban tanah pada fase generatif akhir yang mempengaruhi kadar air polong. Turunnya kadar air polong akan mengurangi aktifitas metabolisme biji sehingga biji lebih peka terhadap infeksi jamur (Sanders *et al.* 1981).

Di lapang, tingkat infeksi dan pertumbuhan jamur *A. flavus* pada biji dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk lengas tanah, suhu tanah, dan kelembaban udara relatif. Kondisi kering (tegangan air tanah 18 bar) dengan suhu tanah sekitar 30 °C selama 50 hari pada akhir masa pertumbuhan tanaman menyebabkan tingkat infeksi dapat mencapai 80% (Sanders *et al.* 1981). Kondisi lingkungan yang kering dan panas akan mendukung perkembangan jamur *A. flavus* karena berkurangnya mikroba pesaing, turunnya kadar air pada biji yang akan mempercepat proses pemasakan dan menurunkan kegiatan fisiologis biji serta menghilangkan kemampuan produksi *phytoalexin* (Wotton dan Strange 1987; Dorner *et al.* 1989 dalam Keenan dan Savage 1994).

Saat panen erat hubungannya dengan tingkat kemasakan biji. Kacang tanah termasuk tanaman *indeterminate*, berbunga hampir sepanjang masa pertumbuhan tanaman, sehingga biji masak pada waktu yang berbeda. Selain itu, serangan penyakit daun dan kekeringan terutama pada fase generatif sering mengharuskan kacang tanah dipanen awal. Pada kondisi yang demikian ini kemungkinan banyak biji yang belum masak. Di sisi lain, biji yang belum masak lebih mudah terserang jamur *A. flavus*. Pada penanganan pasca-panen, peluang infeksi jamur *A. flavus* menjadi lebih besar bila dilakukan penundaan waktu panen dan pengeringan, terlebih pada musim hujan. Demikian pula proses pengeringan, harus segera dilakukan maksimal 48 jam setelah pemanenan (Cardona *et al.* 1989 dalam Ginting dan Beti 1996). Menurut Sumartini *et al.* (2006), tingkat infeksi *A. flavus* pada polong kacang tanah yang diperam/disimpan 24 jam setelah panen relatif sama dengan yang tidak diperam mengingat kontaminasi aflatoksin biasanya terjadi bila kacang tanah tidak dikeringkan dalam waktu 48 jam (Ingantileke 1987 dalam Cardona *et al.* 1989). Itulah sebabnya, beberapa industri besar pengolahan kacang tanah, seperti Kacang Garuda dan Dua Kelinci hanya menerima pasokan bahan baku polong kacang tanah yang dipanen tidak lebih dari 48 jam.

Produksi Senyawa Aflatoksin pada Biji

Ketika jamur berhasil masuk ke dalam polong melalui luka makro maupun mikro pada kulit polong (Porter *et al.* 1986), maka akan menginfeksi biji. Pada periode itu jamur sebagai makhluk hidup melaksanakan metabolisme dan aflatoksin merupakan salah satu senyawa hasil metabolisme tersebut. Produksi aflatoksin di dalam biji dipengaruhi oleh komposisi genetik individu isolat jamur, komposisi substrat, organisme kompetitor, kadar air biji maupun kelembaban relatif lingkungan sekitar biji, serta suhu (Diener *et al.* 1982; Pettit 1984; Keenan and Savage 1994). *A. flavus* optimum menghasilkan aflatoksin pada kadar air substrat 15–30%, kondisi suhu 25–30 °C dan kelembaban nisbi 85% (ICAR 1987). Kontaminasi aflatoksin pada kacang tanah dapat terjadi sejak tanaman masih berada di lapang sampai dengan penyimpanan mulai di tingkat pedagang pengumpul hingga prosesor karena spora *A. flavus* secara alami terdapat di tanah dan udara. Kontaminasi aflatoksin dapat terjadi pada saat polong belum dipanen, setelah panen dan sebelum polong dikeringkan (Porter *et al.* 1982), selama proses pengeringan dan setelah disimpan (Diener *et al.* 1982).

Faktor-Faktor Pemicu Kontaminasi Aflatoksin

Faktor lingkungan

Parameter lingkungan prapanen yang paling penting dalam produksi aflatoksin adalah lengas dan suhu tanah di sekitar polong. Kekeringan dan suhu tanah yang tinggi selama periode pengisian polong hingga pemasakan biji meningkatkan produksi aflatoksin. Deraan kekeringan yang tinggi pada saat 4 hingga 6 minggu sebelum kacang tanah dipanen sangat berpeluang untuk terbentuknya aflatoksin di dalam biji yang sudah terinfeksi jamur *A. flavus*. Sedangkan suhu tanah yang optimum untuk produksi aflatoksin antara 26,3–30,5 °C (Keenan dan Savage 1994; Schearer *et al.* 1999 dalam Wright dan Cruickshank 1999). Peluang terkontaminasi aflatoksin pada biji beras menjadi semakin tinggi ketika cekaman kekeringan terjadi mulai fase pengisian polong hingga saat panen (Dorner 2008b).

Peran dan mekanisme secara pasti cekaman kekeringan dan suhu tinggi terhadap kontaminasi aflatoksin belum dapat dijelaskan secara pasti (Klich 2007). Suhu tinggi dan kekeringan diduga berpengaruh secara langsung terhadap fisiologi tanaman, sebagai contoh adalah kekeringan menginduksi peningkatan *proline* dan senyawa ini dilaporkan memicu pembentukan aflatoksin (Payne dan Hagler 1983). Selain itu, pembentukan *phytoalexin* terhambat oleh deraan kekeringan. Kemungkinan lain adalah jamur kompetitor *A. flavus* tidak berkembang secara optimal pada kondisi kekeringan dan suhu tinggi, sedangkan *A. flavus* yang termasuk *xerotolerant* atau toleran terhadap suhu tinggi (25–42 °C) masih mampu bertahan (Klich 2007). Oleh karena itu, salah satu tindakan yang dianjurkan untuk mencegah infeksi jamur *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin adalah pengairan (Wilson and Stansell 1983). Pada kadar air yang tinggi, biji kacang tanah mampu menghasilkan senyawa *phytoalexin* yang berfungsi sebagai penghambat perkecambahan spora dan pertumbuhan hifa jamur *A. flavus* yang menginfeksi biji, sehingga berpeluang menekan kontaminasi aflatoksin (Wotton dan Strange 1987, Cooney *et al.* 1988). Kandungan air tanah yang tinggi di sekitar polong selama fase generatif hingga panen diyakini sebagai kondisi fisiologis yang prima bagi polong dan biji sehingga terhindar dari infeksi jamur dan kontaminasi aflatoksin. Pengairan yang cukup terutama pada fase generatif akhir sangat dianjurkan untuk menjaga kadar air biji lebih tinggi dari 30%, kulit polong tetap utuh sehingga

mampu menekan kontaminasi aflatoksin meskipun suhu tanah berada pada kisaran yang optimal untuk produksi aflatoksin.

Kedaaan fisik polong dan biji

Kondisi fisik polong dan biji pada umur tanaman yang berbeda ternyata juga berpengaruh terhadap kontaminasi aflatoksin. Biji rusak atau yang masih muda mempunyai kandungan aflatoksin lebih tinggi daripada biji yang utuh maupun sudah berada pada umur panen (Dorner *et al.* 1989 dalam Rucker *et al.* 1994; Keenan dan Savage 1994). Hal ini kemungkinan karena kadar air biji yang *immature* (42%) lebih tinggi dari biji yang *mature* (28%) pada saat panen (Rucker *et al.* 1994 dalam Rucker *et al.* 1994). Sanders *et al.* (1981) dan Sanders *et al.* (1993) menunjukkan bahwa pada kondisi terdera kekeringan dan suhu lingkungan yang tinggi maka kontaminasi aflatoksin terjadi lebih dahulu dan pada tingkat yang lebih parah pada biji muda. Hal ini karena pada kondisi terdera kekeringan dan cekaman suhu tinggi, mekanisme resistensi biji muda terhadap serangan jamur *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin akan hilang lebih awal. Kondisi kering dan suhu tinggi akan meningkatkan kepekaan polong terhadap serangan jamur karena menurunkan kandungan air dan kegiatan fisiologis polong maupun biji, serta meningkatnya serangan hama (Diener *et al.* 1982 dalam Rahmianna dan Taufiq 2003).

Tindakan pascapanen

Penundaan pengeringan, terutama pada musim hujan akan memberi peluang bagi pertumbuhan *A. flavus* yang optimum menghasilkan aflatoksin pada kadar air substrat 15–30%, kondisi suhu 25–30 °C dan kelembaban relatif 85% (ICAR 1987). Adanya polong/biji luka pada saat perontokan dan pengupasan biji juga memberi peluang bagi infeksi jamur dan kontaminasi aflatoksin (Woodroof 1983 dalam Ginting dan Beti 1996). Sedang dalam penyimpanan, kadar air tinggi (>9%), kondisi penyimpanan yang lembab dan panas serta rendahnya sanitasi dan perlindungan ruang penyimpan terhadap infestasi hama, akan memacu kontaminasi aflatoksin. Tindakan mencampur polong kacang tanah dari berbagai petani dengan kondisi mutu yang beragam, seperti yang biasanya dilakukan oleh pedagang pengumpul, juga memberi peluang lebih besar bagi kontaminasi aflatoksin.

Di sisi lain, tingkat kesadaran dan pengetahuan yang masih rendah terhadap bahaya aflatoksin, baik di tingkat petani, penebas, pedagang dan prosesor, juga memperbesar peluang terjadinya kontaminasi aflatoksin (Ginting dan Beti 1996). Hal ini dapat dilihat dari penentuan harga di tingkat pedagang yang hanya berdasarkan mutu fisik dan tidak adanya pembedaan harga jual antara polong yang baik dengan polong jelek di tingkat petani akibat sistem tebasan. Dengan demikian, dapat dipahami kurangpedulian petani untuk menangani sendiri hasil panennya dengan baik. Demikian pula di tingkat prosesor, terutama skala kecil yang cenderung memilih bahan baku dengan harga yang relatif murah tanpa mempertimbangkan kualitasnya.

Lama Penyimpanan

Peningkatan kandungan aflatoksin sepanjang mata rantai perdagangan merupakan akumulasi cemaran aflatoksin mulai dari panen hingga saat itu. Hal ini disebabkan oleh: 1) sifat resistensi dari aflatoksin di dalam biji yang tidak dapat terdegradasi, dan 2) terdapatnya jamur yang tumbuh. Kondisi penyimpanan yang kedap udara di dalam kantong plastik telah menghasilkan lingkungan dengan kandungan oksigen rendah yang memacu jamur memproduksi aflatoksin.

STRATEGI PENCEGAHAN CEMARAN AFLATOKSIN

Hal penting untuk mencegah kontaminasi aflatoksin adalah usaha pengendalian infeksi jamur dengan mencegah masuknya jamur pada biji kacang tanah. Pada prinsipnya penerunan atau pencegahan infeksi jamur *A. flavus* adalah dengan mengusahakan supaya polong tetap utuh (tahan deraan fisik lingkungan) atau kulit ari biji mempunyai mekanisme menolak infeksi jamur. Salah satu teknologi yang mampu mencegah kontaminasi jamur *A. flavus* adalah penanaman varietas dengan biji yang tahan terhadap serangan jamur *A. flavus* (Rahmianna dan Hardaningsih 2004).

Sedangkan perlakuan tatacara budidaya tanaman pada intinya dilakukan untuk menekan kerusakan polong, terbelahnya biji atau robeknya kulit ari biji akibat serangan hama, kerusakan mekanis atau kekeringan (ODNRI 1983). Usaha untuk mencegah infeksi jamur *A. flavus* harus sudah dimulai sejak tanaman masih di lapang dan berlanjut pada tingkat pascapanen, hingga siap sampai di konsumen.

Kontaminasi aflatoksin hanya terjadi apabila jamur *A. flavus* berada pada biji dengan kadar air tinggi, lingkungan dengan kandungan lengas tanah tinggi, dan suhu optimal antara 25–32 °C (Schearer *et al.* 1999 dalam Wright dan Cruickshank 1999). Dengan demikian pengendalian kontaminasi bisa dilakukan mulai dari saat prapanen hingga pascapanen.

Pengendalian Prapanen

Di Indonesia, kacang tanah ditanam di lahan sawah pada musim kemarau dengan pengairan terbatas atau tadah hujan dan di lahan tegal pada akhir musim hujan pada kondisi tadah hujan. Oleh karena itu tanaman ini sangat berpeluang untuk mengalami cekaman kekeringan terutama pada fase generatif tanaman. Deraan kekeringan paling tidak selama 20 hari (antara 3–6 minggu) menjelang panen akan menyebabkan terjadinya infeksi jamur *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin. Kontaminasi aflatoksin tidak dapat dihilangkan 100% melalui proses pengolahan menjadi produk makanan atau pakan, sehingga perlu dikendalikan melalui penanganan pra-dan-pascapanen yang tepat serta sortasi bahan baku yang ketat sebelum pengolahan. Oleh karena itu tindakan pengendalian yang dianjurkan pada masa prapanen antara lain sebagai berikut.

1. Tanam awal untuk mengoptimalkan lengas tanah untuk pertumbuhan tanaman, menghindarkan tanaman dari kekeringan dan infeksi hama pada fase generatif akhir (Pettit 1984).
2. Pengairan pada masa kekeringan untuk mencegah stress. Pengairan yang cukup terutama pada fase generatif akhir sangat dianjurkan untuk menekan kontaminasi aflatoksin meskipun suhu tanah berada pada kisaran yang optimal untuk produksi aflatoksin.
3. Populasi jamur *A. flavus* di dalam tanah akan berkurang dengan pemberian hara kalsium pada kondisi tanah mengering (tanpa pengairan) (Wiatrak *et al.* 2006). Aplikasi kapur menyebabkan kulit ari biji menjadi lebih tebal, sehingga menurunkan tingkat infeksi jamur *Aspergillus* spp. dan *Penicillium* spp. pada biji (Fernandez *et al.* 1997). Berkurangnya infeksi jamur *A. flavus*, selain karena penebalan kulit biji setelah aplikasi kapur, juga adanya perbedaan ketahanan kulit ari biji genotipe/varietas terhadap infeksi jamur *A. flavus* (Kasno *et al.* 2011).
4. Aplikasi dolomit pada saat pengisian polong mampu menurunkan bobot biji keriput sehingga meningkatkan bobot biji bemas. Bahwa populasi jamur *A. flavus* di daerah

polong pada saat tanaman berumur 55 HST akan menyebabkan kerusakan biji karena hifa jamur *A. flavus* yang telah masuk ke dalam polong akan berkembang dan membentuk spora pada kulit ari biji. Proses sporulasi dirangsang oleh *linoleic acid* dan *hydroperoxylenic acid* yang terkandung di dalam biji. Sangat wajar apabila kemudian biji mengalami pengurangan padatan sehingga menjadi keriput ketika dikeringkan.

Pengendalian Pascapanen

Penanganan pascapanen kacang tanah perlu memperhatikan hal-hal berikut ini.

1. Pemanenan sebaiknya dilakukan pada saat masak optimum (umur antara 90–100 hari, tergantung varietasnya) atau dengan kriteria minimal 75% polong telah terbentuk per tanaman dan bagian kulit dalam polong berwarna gelap. Tepat panen yaitu panen pada saat sebagian besar polong telah masak. Saat panen erat hubungannya dengan tingkat kemasakan biji, biji yang belum masak lebih mudah terserang jamur *A. flavus*, demikian pula biji yang lewat masak. Di tingkat petani, serangan penyakit daun dan kekeringan terutama pada fase generatif sering mengharuskan kacang tanah dipanen awal. Pada kondisi ini kemungkinan banyak biji yang belum masak.
2. Pada saat pemanenan, polong kacang tanah yang terinfeksi jamur dan busuk dipisahkan dari yang baik untuk mencegah kontaminasi lebih lanjut (Dorner 2008a).
3. Perontokan dengan cara manual (dipetik) memberi risiko kecil untuk polong rusak/luka, namun kapasitasnya rendah (8–10 kg/jam/orang). Penggunaan alat perontok yang kapasitasnya lebih besar, baik manual maupun mekanis dapat dilakukan, namun tingkat kerusakan polong diusahakan sekecil mungkin. Perontokan harus dilakukan secepat mungkin. Sebelum 24 jam sebaiknya kacang tanah sudah selesai dirontokkan kemudian dijemur atau dikeringanginkan (*diler*, jawa) untuk mencegah berkembangbiaknya jamur *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin pada biji.
4. Pengeringan harus dilakukan segera sampai kadar air 9% untuk polong dan 7% untuk biji agar aman dari risiko infeksi jamur. Menurut Paramawati *et al.* (2006), penurunan kadar air polong kacang tanah hingga <12% dalam 2 hari, menunjukkan tingkat kontaminasi aflatoksin yang cukup rendah (0,4–3,8 ppb). Pengeringan dilakukan tanpa penundaan, dengan demikian panen musim hujan harus terus dikeringanginkan selama hari hujan atau mendung.
5. Pengupasan polong harus semaksimal mungkin menghindari terjadinya biji luka/rusak karena merupakan media yang baik bagi infestasi hama dan jamur.
6. Penyimpanan dilakukan dengan menggunakan bahan pengemas kedap udara pada kondisi ruang penyimpanan yang sejuk (suhu 27 °C) dan kering (kelembaban nisbi 56–70%). Penggunaan kantong plastik PP tebal 0,05 mm untuk menyimpan biji kacang tanah dengan kadar air awal <7%, efektif menekan kerusakan biji (<2%) dan kontaminasi aflatoksin (3,9 ppb) selama 4 bulan penyimpanan (Ginting 2006). Untuk skala besar, Dharmaputra (2002) menyarankan penyimpanan biji kacang tanah (kadar air 8%) dalam karung goni yang dirangkap dengan kantong plastik PE tipis karena efektif sampai 6 bulan dengan kadar aflatoksin 16,8 ppb. Sementara untuk penyimpanan dalam bentuk polong, disarankan dalam karung plastik yang dirangkap dengan kantong plastik PP karena kadar aflatoksin B₁ selama penyimpanan 3 bulan pada suhu kamar hanya sebesar 2,2 ppb (Hakim 2009).
7. Pemisahan polong dan biji kacang tanah yang muda, keriput, busuk, luka/rusak dan berjamur dari polong yang baik pada setiap tahapan kegiatan pascapanen dan dalam pemilihan (seleksi) bahan baku sebelum diolah juga merupakan upaya pengenda-

lian/pencegahan kontaminasi aflatoksin yang efektif karena dapat mengurangi 40–80% kandungan aflatoksin (Park 2002). Biji yang ringan dan berukuran kecil karena dipanen muda relatif lebih tinggi tingkat kontaminasinya dibandingkan dengan biji yang padat (utuh) dan berukuran besar (Dorner 2008a). Oleh karena itu, untuk bahan baku kacang garing, kenampakan polong disyaratkan harus bersih, segar, sehat, tidak busuk, kulit tidak pecah, polong besar dan bagus, tingkat kematangan merata, isi biji penuh, berbiji dua atau tiga (Kacang Garuda Grup 2005). Sedangkan untuk biji kering (*ose*), biji harus segar, tidak busuk atau berjamur, ukuran biji OB (500 buah/ons dan 7 mm atau 350 biji/ons), ukuran biji seragam, tidak belah, kulit ari tidak terkelupas dan kadar air 5–7% (PT Dwi Kelinci 2005).

8. Pengolahan menjadi produk makanan. Meskipun aflatoksin tidak bisa hilang secara tuntas, ternyata pengolahan menjadi beberapa produk menurunkan kadar racun karena sifat senyawa tersebut yang stabil dan tahan panas (ICAR 1987 *dalam* Ginting dan Beti 1996). Kacang yang digoreng dengan minyak pada suhu 150 °C selama 12 menit ternyata tidak bisa menghilangkan tuntas aflatoksin di dalam biji tetapi menurunkan kandungan racun sebanyak 34% (Mahmud 1989 *dalam* Ginting dan Beti 1996). Proses fermentasi biji kacang tanah dengan jamur *Rhizopus* menjadi oncom hitam ternyata sangat efektif menurunkan kadar racun sebanyak 86,6%. Pengolahan kacang menjadi *peanut butter* (selai kacang, dioleskan di atas roti tawar) menurunkan 79,4%, ekstraksi menjadi minyak 77,6%, kacang dipres secara hidrolis 47,1% (Ferdiaz 1991 *dalam* Ginting dan Beti 1996).
9. Pengurangan kandungan aflatoksin juga dapat dilakukan melalui proses pengolahan kacang tanah menjadi produk olahan dengan tingkat yang bervariasi (Tabel 4). Perlakuan pemanasan, seperti perebusan, penyangraian dan penggorengan hanya dapat menurunkan kadar aflatoksin 33–75% karena sifatnya yang tahan panas (titik cair 268–269 °C) (Buchi dan Rae 1969 *dalam* Dharmaputra *et al.* 2003). Namun, pemanasan dengan *microwave* pada suhu 124 °C selama 15 menit dapat menurunkan 96% aflatoksin B₁ (Farag *et al.* 1996). Kombinasi perendaman dalam larutan kapur dan garam dengan pemanasan dan pengepresan pada pembuatan kacang tanah lemak rendah, dapat menurunkan 56,96% aflatoksin B₁ (Ansori 2004). Demikian pula pada pengolahan kacang garing yang diawali dengan pemilihan bahan baku yang baik, perebusan dengan garam dan pengeringan dalam oven, rata-rata kandungan aflatoksin B₁ <5 ppb (Tabel 4). Pencucian polong kacang tanah dengan larutan garam 1% dan ekstrak bawang putih 20% juga dilaporkan efektif menekan infeksi *A. flavus*, masing-masing sebesar 29,7% dan 22,6% dibanding dengan tanpa pencucian (36,1%) (Sumartini *et al.* 2006). Sementara pada pembuatan *oncom* (fermentasi), pengurangan aflatoksin dapat mencapai 50–86,6% (Tabel 4).
10. Perlakuan fisik, seperti penjemuran biji kacang tanah di bawah sinar matahari selama 7 jam dapat mengurangi 10,2% aflatoksin B₁. Perlakuan kimia, seperti penggunaan garam dapur (5%), asam propionat (1%) dan asam asetat (2,5%) pada penyimpanan 90 hari biji kacang tanah, mampu mengurangi aflatoksin 99,5–100% (Reddy 1996), namun dapat berpengaruh terhadap sifat sensorisnya, terutama rasa. Amoniasi juga efektif menurunkan kadar aflatoksin, efek toksik dan karsinogeniknya sampai >99% (Park 2002).
11. Meskipun perlakuan pengolahan, fisik dan kimia tampaknya efektif untuk mengurangi kandungan aflatoksin pada produk olahan kacang tanah, namun bila kadarnya pada bahan baku biji kacang tanah sudah cukup tinggi karena penanganan pra dan pasca-

panen yang kurang memadai, maka upaya penghilangan melalui proses pengolahan tidak akan mampu mengurangi kadar aflatoksin tersebut sampai ambang batas yang aman untuk dikonsumsi.

Tabel 4. Pengaruh proses pengolahan terhadap pengurangan kandungan aflatoksin pada produk olahan kacang tanah.

Perlakuan pengolahan	Jenis produk	Pengurangan aflatoksin (%)
Perebusan dengan garam, 15 menit ^a	Kacang rebus	33
Penyangraian, 150 °C, 5 menit ^a	Kacang garing	75
Penyangraian 160 °C, 20 menit; sortasi dan penggilingan ^b	Selai kacang	59,5
Penggorengan minyak, 150 °C, 2 menit ^a	Kacang goreng	73
Pemanasan <i>microwave</i> 124 °C, 15 menit ^d	Biji kacang oven	96
Penyangraian 150 °C, 25 menit ^e	Biji kacang sangrai	68,5
Perendaman larutan kapur 0,33%; pengeringan oven 70 °C, 12 jam; pengepresan, perendaman larutan garam 2%, 30 menit; pengeringan oven 160 °C, 1 jam ^f	Kacang tanah rendah lemak	56,96
Fermentasi dengan jamur		
- <i>Neurospora sitophila</i> ^c	Oncom merah	50
- <i>Neurospora sithopila</i> ^b	Oncom merah	58,9
- <i>Rizopus oligosporus</i> ^c	Oncom hitam	70
- <i>Rizopus oligosporus</i> ^b	Oncom hitam	86,6
Ekstraksi minyak dengan:		
- Cara basah ^b	Minyak kacang	77,6
- Hidrolik press ^b	Minyak kacang	47,1
- Pelarut organik ^b	Minyak kacang	75,4
- Penyinaran dengan sinar UV 2 jam ^c	Biji kacang	96
- Perlakuan gas klorin 10% ^c	Biji kacang	90
- Perlakuan dg 10% H ₂ O ₂ pada pH 9,5; RH 80%; 30 menit ^c	Biji kacang	97

Sumber: ^a Reddy 1996, ^b Fardiaz 1991; ^c Mahmud 1989; ^d Farag *et al.* 1996; ^e Ogunsanwo *et al.* 2004, ^f Ansori 2004.

PENUTUP

Untuk mendukung pengembangan agroindustri kacang tanah, diperlukan pengendalian mutu melalui penanganan pra dan pascapanen serta proses pengolahan yang tepat (*good agricultural practices*, *good handling practices* dan *good manufacturing practices*) mulai dari bahan baku polong dan biji kacang tanah sampai produk akhir (*from farm to table*). Pengendalian ini harus melibatkan seluruh *stakeholders*, mulai dari petani produsen, penebas, pedagang sampai industri pengolahan. Peningkatan kepedulian terhadap bahaya aflatoksin melalui sosialisasi dan penyuluhan, penerapan regulasi ambang batas total aflatoksin (20 ppb) dan kebijakan yang memberi insentif harga jual untuk polong/biji kacang tanah yang memenuhi standar mutu, diperlukan guna memacu upaya pengendalian mutu kacang tanah dan produk olahannya dari tingkat petani sampai dengan konsumen. Bentuk kemitraan antara petani dengan industri pengolahan kacang tanah merupakan

salah satu alternatif yang dapat memberi jaminan harga jual yang memadai kepada petani sesuai dengan mutu polong kacang tanah yang dihasilkan, sehingga perlu dibina dan dikembangkan. Sosialisasi cara penentuan mutu dan harga jual di tingkat pabrik perlu dilakukan agar petani/penebas/pedagang pengumpul terdorong untuk menangani hasil panennya dengan baik guna mendapatkan harga jual yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H., J. Wilkinson, R.M. Zablutowicz, C. Accinelli, C. Abel, H. Bruns, and M. Weaver. 2009. Ecology of *Aspergillus flavus*, regulation of aflatoxin production, and management strategies to reduce aflatoxin contamination of corn. *Toxin Reviews*, 28, 142–153.
- Abbas, H.K., C. Accinelli, R.M. Zablutowicz, C.A. Abel, H. Bruns, Y. Dong, and W.T. Shier. 2008. Dynamics of mycotoxin and *Aspergillus flavus* levels in aging Bt and non-Bt corn residues under Mississippi no-till conditions. *J. of Agric. and Food Chem.* 56, 7578–7585.
- Abbas, H.K., R.M. Zablutowicz, and M.A. Locke. 2004a. Spatial variability of *Aspergillus flavus* soil populations under different crops and corn grain colonization and aflatoxins. *Can. J. of Botany*, 82, 1768–1775.
- Abbas, H.K., R.M. Zablutowicz, M.A. Weaver, B.W. Horn, W. Xie, and W.T. Shier. 2004b. Comparison of cultural and analytical methods for determination of aflatoxin production by Mississippi Delta *Aspergillus* isolates. *Can. J. of Microbiol.* 50:193–199.
- Accinelli, C., H.K. Abbas, R.M. Zablutowicz, and J.R. Wilkinson. 2008. *Aspergillus flavus* aflatoxin occurrence and expression of aflatoxin biosynthesis genes in soil. *Can. J. of Microbiol.* 54, 371–379.
- Amaike, S. and N.P. Keller. 2011. *Aspergillus flavus*. *Ann. Rev. of Phytopath.* 49, 107–133.
- Ansori, M. 2004. Reduksi kadar aflatoksin B₁ (AFB₁) pada pengolahan kacang garing melalui optimasi perendaman, pemanasan dan penekanan. Fakultas Pascasarjana UGM (Thesis S₂).
- Azaizeh, H.A., R.E. Pettit, O.D. Smith, and R.A. Taber. 1989. Reaction of peanut genotypes under drought stress to *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*. *Peanut Sci.* 16:109–113.
- Bankole, S.A., B.M. Ogunsanwo, and D.A. Esegibe. 2005. Aflatoxins in Nigerian dry-roasted groundnuts. *Food Chem.* 89:503–506.
- Basha, S.M., B.J. Cole, and S.K. Pancholy. 1994. A phytoalexin and aflatoxin producing peanut seed culture system. *Peanut Sci.* 21:130–134
- Bhatnagar, D., J. Cary, K. Ehrlich, J. Yu, and T. Cleveland. 2006. Understanding the genetics of regulation of aflatoxin production and *Aspergillus flavus* development. *Mycopath.* 162, 155–166.
- Cardona, T.D., S.G. Ingantileke and A. Noomhorm. 1989. Aflatoxin research on grain in Asia—It's problems and possible solutions. p. 378–394 in Naewbanij (ed). *Proc. of the 12th ASEAN Seminar on Grain Postharvest Technology*. Asian Grain Postharvest Programme. Bangkok.
- Cole, R.J., J.W. Dorner, and C.C. Holbrook. 1995. Advances in mycotoxin elimination and resistance. p. 456–474 in *Advance in Peanut Sci.*
- Cole, R.J., T.H. Sanders, J.W. Dorner, and P.D. Blakenship. 1989. p. 279–287 in D. McDonald dan V.K. Mehan (eds). *Environmental conditions required to induce preharvest aflatoxin contamination of groundnut*. *Proc. of the Internat. Workshop on Aflatoxin Contamination of Groundnuts*. ICRISAT, Patancheru, India, 6–9 October 1987.
- Cole, R.J., T.H. Sanders, R.A. Hill, and P.D. Blakenship. 1985. Mean geocarposphere temperature that induce preharvest aflatoxin contamination of peanuts under drought stress. *Mycophat.* 91:41–46.
- Cookey, C.J., P.J. Garratt, S.E. Richards, and R.N. Strange. 1988. A denyl stilbene phytoalexin from *Arachis hypogaea*. *Phytochem.* 27(4):1015–1016.
- Craufurd P.Q., Prasad P.V.V., Waliyar F., and Taheri A. 2006. Drought, pod yield, pre-harvest

- Aspergillus* infection and aflatoxin contamination on peanut in Niger. *Field Crops Res.* 98 (1):20–29.
- Crop Link. 2000. Aflatoxin in groundnut. Tip to reduce the risk. Queensland. Australia: Dept. Primary Industries Farming Syst. Inst. 12 p.
- Daren, X. Dan W. Shengyu. 1997. Status and management of aflatoxin contamination in groundnut in China p. 23–26 in V.K. Mehan dan C.L.L. Gowda (Eds.). *aflatoxin Contamination Problems in Asia: Proceeding of the First Asia Working Group Meeting, 27–29 May 1996*, in Hanoi, Vietnam. ICRISAT, India.
- Dharmaputra O.S. 2002. Review on aflatoxin in Indonesian food and feedstuff and their product. *Biotropia* 19, 26–46.
- Dharmaputra O.S., H.S.S. Tjitrosomo, H. Susilo dan Sulaswati. 1989. *Aspergillus flavus* and aflatoxin in peanuts collected from three markets in Bogor, West Java, Indonesia. p. 110–123 in J.O. Naewbanij (Eds.). *Grain Postharvest Research and Development: Priorities for the nineties. Proc. of the 12nd ASEAN Seminar on Grain Postharvest Technology*. Surabaya, 29–31 August 1989. AGPP. Bangkok.
- Dharmaputra, O.S., I. Retnowati., A.S.R. Putri, dan S. Ambarwati. 2003. *Aspergillus flavus* and aflatoxin in peanuts at various stages of delivery chain in Pati regency. Paper presented at 21st ASEAN/3rd APEC Seminar in Postharvest Technology in Nusa Dua, Bali, Indonesia, 23–26 August 2003.
- Dickens, J.W. 1977. Aflatoxin occurrence and control during growth, harvest and storage of peanuts. p. 99–105 in. J.V. Rodricks, C.W. Hesseltine and M.A. Mehlman (Eds.). *mycotoxin in Human and Animal Health*. Pathotox Publ. Inc., Illinois. USA.
- Diener, U.L., R.J. Cole, T.H. Sanders, G.A. Payne, L.S. Lee, and M.A. Klich. 1987. Epidemiology of aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. *Ann. Rev. Phytopathol.* 25:249–270.
- Diener. U.L., R.E. Pettit, and R.J. Cole. 1982. Aflatoxin and other mycotoxins in peanut. pp. 486–519 in H.F. Patte and C.T. Young (Eds.). *Peanut Sci. and Tech. Am. Peanuts Res. and Educ. Soc. Inc. Texas*.
- Dorner J.W. 2008a. Management and prevention of mycotoxin in peanuts. *Food Additives and Contaminants. Part A.* 25(2):203–208.
- Dorner J.W. 2008b. Relationship between kernel moisture content and water activity in different maturity stages of peanuts. *Peanut Sci.* 35(2):77–80.
- Dorner, U.L., R.J. Cole, T.H. Sanders, and P.D. Blakenship. 1989. Interrelationship of kernel water activity, soil temperature, maturity and phytoalexin production in preharvest aflatoxin contamination of drought stressed peanuts. *Mycopath.* 105(5):117–128.
- FAOSTAT. 2009. Statistical data of food balance sheet. www.fao.org (accessed on 27 February 2014).
- Farag, R.S., M.M. Rashed and A.A.A. Abo Higger. 1996. Aflatoxin destruction by microwave heating. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 47:197–208.
- Fardiaz, S. 1991. Destruction of aflatoxin during processing of aflatoxin-contaminated peanuts into different peanut products. *Indon. J. Trop. Agric.* 3(1):27–31.
- Fardiaz, S. 1997. Keamanan makanan tradisional dan upaya peningkatannya. hlm. 54–63. *dalam* Budijanto, S., F. Zakaria, R. Dewanti-Hariyadi, B. Satiawiharja (ed). *Pros. Seminar Nasional Teknologi Pangan Denpasar 16–17 Juli 1997*. Buku II. PATPI-Menpangan RI.
- Fernandez E.M., Rosolem C.A., Maringoni A.C., and Oliveira D.M.T. 1997. Fungus incidence on peanut grain as affected by drying method and Ca nutrition. *Field Crops Res.* 52(1–2):9–15.
- Georgianna, D.R., N.D. Fedorova, J.L. Burroughs, A.L. Dolezal, J.W. Bok, S. Horowitz-Brown, C.P. Woloshuk, J. Yu, N.P. Keller, and G.A. Payne. 2010. Beyond aflatoxin: four distinct expression patterns and functional roles associated with *Aspergillus flavus* secondary meta-

- bolism gene clusters. *Molecular Plant Pathol.* 11, 213–226.
- Ginting, E. 2006. Mutu dan kandungan aflatoxin biji kacang tanah varietas Kancil dan Mahesa yang disimpan dalam beberapa jenis bahan pengemas. *Jurnal Agrikultura* 17(3):165–172.
- Ginting, E. dan J.A. Beti. 1996. Upaya penyediaan bahan baku 'bebas' aflatoxin mendukung agroindustri kacang tanah. hlm. 388–405 *dalam* N. Saleh, K. Hartojo, Heriyanto, A. Kasno, A.G. Manshuri, Sudaryono dan A. Winarto (ed). *Risalah Seminar Nasional Prospek Pengembangan Agribisnis Kacang Tanah di Indonesia*. Edisi Khusus Balitkabi No. 7–1996.
- Ginting, E. Rahmianna, A.A. dan Yusnawan, E. 2003. Pengendalian kontaminasi aflatoxin pada produk olahan kacang tanah melalui penanganan pra dan pascapanen. *Petunjuk Teknis Rakitan Teknologi Pertanian*. Hlm. 123–136 *dalam* Mat Syukur, Gatot Kartono dan Endang Widayati (editor). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur.
- Goto, T. 1990. Mycotoxins: Current situation. *Food Reviews International* 6(2):265–290.
- Goto, T., E. Ginting, S.S. Antarlina, J.S. Utomo, Y. Ito dan S. Nikkuni. 1999. Aflatoxin contamination and fungi isolated from Indonesian agricultural commodities. *Proc. of Internat. Symp. of Mycotoxicology '99*. Mycotoxin Contamination: Health Risk and Prevention Project. Chiba, Japan, September 9–10, 1999. p 211–215.
- Hakim, L. 2009. Pengendalian kontaminasi aflatoxin B1 pada kacang tanah (*A. hypogaeae*, L.) melalui pengaturan pengemasan dan penyimpanan. Fakultas Pascasarjana UGM (Thesis S₂).
- Horn, B.W. 2007. Biodiversity of *Aspergillus* section flavi in the United States: a review. *Food Additives and Contaminants*, 24, 1088–1101.
- Horn, B.W. and J. Pitt. 1997. Yellow mold and aflatoxin. *In* D.P. Kokalis-Burelle, R. Rodriguez-Kabana, D.H. Smith, Subrahmanyam (eds.). *Compendium of Peanut Diseases*. St. Paul, MN, USA: Am. Phytopathol. Soc.
- Horn, B.W., R.L. Greene, and J.W. Dorner. 1995. Effect of corn and peanut cultivation on soil populations of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* in southwestern Georgia. *Appl. and Environ. Microbiol.* 61, 2472–5.
- Horn, B.W., R.L. Greene, and J.W. Dorner. 2000. Inhibition of aflatoxin B1 production by *Aspergillus parasiticus* using nonaflatoxigenic strains: role of vegetative compatibility. *Biological Control*, 17, 147–154.
- ICAR. 1987. Aflatoxin in Groundnuts. ICAR. New Delhi.
- Kacang Garuda Group. 1998. Kebutuhan dan kualitas kacang tanah sebagai bahan baku industri. *Dalam* A. Harsono, N. Nugrahaeni, A. Taufiq dan A. Winarto (Eds.). *teknologi untuk Peningkatan Produksi dan Nilai Tambah Kacang Tanah*. Edisi Khusus Balitkabi No. 12–1998. Balitkabi. Malang. p 14–19.
- Kacang Garuda Group. 2005. Pemberdayaan petani dan optimalisasi lahan melalui pengembangan kemitraan kacang tanah. Disampaikan pada 'Pertemuan Koordinasi Instansi Terkait dalam Rangka UPSUS Pengembangan Kacang Tanah Menuju Swasembada' pada tanggal 28–30 September 2005 di Yogyakarta yang diselenggarakan oleh Direktorat Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. 9 hlm.
- Kasno A., Trustinah, Purnomo J., and Sumartini. 2011. Seed coat resistance of groundnut to *Aspergillus flavus* and their stability performance in the field. *Agrivita* 33(1):53–62.
- Keenan, J.L., and G.P. Savage. 1994. Mycotoxins in groundnut, with special reference to aflatoxin. p. 509–551. *In*. J. Smartt (Eds.). *The Groundnut Crop*. Chapman and Hall. London, United Kingdom.
- Klich, M.A. 2007. *Aspergillus flavus*: the major producer of aflatoxin. *Molecular Plant Pathol.* 8, 713–722.
- Leger, S., J. Raymond, Screen, E. Steven, Shams-Pirzadeh, and Bijan. 2000. Lack of host specialization in *Aspergillus flavus*. *Appl. and Environ. Microbiol.* 66, 320–324.

- Lewis, L., M. Onsongo, H. Njapau, H. Schurz-rogers, G. Luber, S. Kieszak, J. Nyamongo, L. Backer, A.M. Dahiye, A. Misore, K. Decock, and C. Rubin. 2005. Aflatoxin contamination of commercial maize products during an outbreak of acute aflatoxicosis in Eastern and Central Kenya. *Environ. Health Perspect*, 113.
- Mahmud, M. 1989. Groundnut aflatoxin problems in Indonesia. p. 215–222. *In* D. McDonald dan V.K. Mehan (ed). *Proc. of the International Workshop on Aflatoxin Contamination of Groundnuts*. ICRISAT, Patancheru, India, 6–9 October 1987.
- Mixon, A.C. 1980. Potential for aflatoxin contamination in peanut (*Arachis hypogaea* L.) before and soon after harvest. *A Review. J. Environ. Qual.* 9(3):344–349.
- Mobeen, A.K., Aflab, A., Asif, A., and Zuzzer, A.S. 2011. Aflatoxin B₁ and B₂ contamination of peanut and peanut products and subsequent microwave detoxification. *J. Pharm. Nutr. Sci.* 1(1):1–3.
- Murphy, P.A., S. Hendrich, C. Landgren, and C.M. Pryant. 2006. Food mycotoxins: An update. *J. Food Sci.* 71(5):R51–R65.
- ODNRI (Overseas development Natural Resources Institute). 1983. *Pest Control in Groundnuts. Pans Manual No. 2. Overseas Dev Natural Resources Inst. Chatman. UK.* 197 pp.
- Ogunsanwo, B.M., Faboya, O.O.P., Idowu, O.R., Lawal, O.S., and Bankole, S.A. 2004. Effect of roasting on the aflatoxin contents of Nigerian peanut seeds. *African J. Biotech.* 3(9):451–455.
- Paramawati, R., R.W. Arief dan S. Triwahyudi. 2006. Upaya menurunkan kontaminasi aflatoksin B₁ pada kacang tanah dengan teknologi pascapanen (Studi kasus di Lampung). *J. Enjiniring Pertanian* 4(1):1–8.
- Park, D.L. 2002. Effect of processing on aflatoxin. *Adv. Exp. Med. Biol.* 504:173–179.
- Parmawati, R., P. Widodo, U. Budiarti and Handaka. 2006. The role of postharvest machines and packaging in minimizing aflatoxin contamination in peanut. *Indonesian J. Agric. Sci.* 7(1):15–19.
- Payne, G.A. 1998. Process of contamination by aflatoxin-producing fungi and their impacts on crops. *In* K.K. Sinha and D. Bhatnagar (eds.). *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety*. New York: Marcel Dekker.
- Payne, G.A. and N.W. Widstrom. 1992. Aflatoxin in maize. *Critical Rev. in Plant Sci.* 10, 423–440.
- Payne, G.A. and W.M. Hagler. 1983. Effect of specific amino acids on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus flavus* in defined media. *Appl. and Environ. Microbiol.* 46, 805–812.
- Pettit, R.E. 1984. Yellow mold and aflatoxin. P. 35–36. *In*: D.M. Porter *et al.* (Eds.). *Compendium of Peanut Diseases*. The Am. Phytophat. Soc.
- Porter, D.M., D.H. Smith and R. Rodriguez Kabana. 1982. Peanut plant diseases. p. 326–410. *In*. H.F. Patee and C.T. Young (Eds.). *Peanut Sci. and Tech. Am. Peanut Res. and Educ. Soc. Inc. Texas.*
- Porter, D.M., F.S. Wright, and J.L. Stelle. 1986. Relationship of microscopic shell damage to colonizations of peanut by *Aspergillus flavus*. *Olégineux* 41(1):23–27.
- PT Dwi Kelinci. 2005. Peluang pengembangan bisnis kacang tanah di Indonesia. Disampaikan pada 'Temu Usaha Pemasaran Kacang Tanah' di Denpasar, Bali, 13–15 September 2005. Direktorat Jendral Bina Pemasaran dan Pengolahan Hasil Pertanian, Departemen Pertanian. 8 hlm.
- Rahayu, E.S. 2011. Aflatoxin, occurrence and integrated management control in Indonesia. Paper presented at IUMS Outreach Program in Food Safety. Denpasar, Bali, 22–24th June 2011. Gadjah Mada Univ. Yogyakarta. 45 p.
- Rahmianna, A.A. dan A. Taufiq. 2003. Aflatoksin: senyawa racun pada biji kacang tanah. *Bull. Tani Tanaman Pangan dan Hortikultura* 004:20–26.

- Rahmianna, A.A. dan Sri Hardaningsih. 2004. Penentuan umur panen dan pengelolaan pascapanen polong kacang tanah untuk menghasilkan biji bermutu tinggi dan bebas infeksi jamur *Aspergillus flavus* (hlm. 436–446). Teknologi Inovatif Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian untuk Mendukung Ketahanan Pangan.
- Rahmianna, A.A., A. Taufiq dan E. Yusnawan. 2007. Hasil polong dan kualitas biji kacang tanah pada tanah dengan kadar air dan umur panen berbeda. *Penelitian Pertanian*, 26(3):206–211.
- Rahmianna, A.A., E. Ginting dan E. Yusnawan. 2007. Cemaran aflatoxin pada kacang tanah yang diperdagangkan di sentra produksi Banjarnegara. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(2):137–144.
- Reddy, U. 1996. Aflatoxin –its prevention and detoxification. *Food and Nutrition News of Acharta N.G. Ranga Agric. Univ.* 1(4):1–4.
- Rucker, K.S., Kvien, C.K., Calhoun, K., Henning, R.J., Koehler, P.E., Ghate, S. R., dan Holbrook, C.C. (1994). Sorting peanuts by pod density to improve quality dan kernel maturity distribution dan to reduce aflatoxin. *Peanut Sci.* 21:147–152.
- Sanders, T.H., R.A. Hill, R.J. Cole, and P.D. Blakenship. 1981. Effect of drought on occurrence of *Aspergillus flavus* in maturing peanuts. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 58:966A–970A.
- Sanders, T.H., R.J. Cole, P.D. Blakenship and J.W. Dorner. 1993. Aflatoxin contamination of peanut from plant drought stresses in pod or root zones. *Peanut Sci.* 20:5–8.
- Sanders, T.h., R.J. Cole, P.D. Blakenship and R.A. Hill. 1985. Relation of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production in preharvest peanuts. *Peanut Sci.* 12(2):90–93.
- SNI. 1995. Standard mutu kacang tanah. SNI 01-3921-1995. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta. 7p.
- Sumartini, E. Yusnawan dan E. Ginting. 2006. Perkembangan cendawan *Aspergillus flavus* pada kacang tanah pascapanen yang diberi perlakuan penimbunan dan pencucian. *Agritek* 14(1):191–197.
- Tillman, B.L. and H.T. Stalker. 2009. Peanut. *In: Vollmann, J. and I. Rajcan (eds.) Oil Crops.* Springer New York.
- Ullah, Md, Ahsan. 1997. Status of the groundnut aflatoxin problem and its management in Bangladesh. P. 21–22 in Aflatoxin contamination problem in groundnut in Asia: Proc. of the First Asia Working Group Meeting, 27–29 May 1996. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam (Mehan, V.K., and Gowda, C.L.L., eds.) Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India. ICRISAT.
- Wiatrak P.J., Wright D.I., Marios J.J., and Wilson D. 2006. Effect of irrigation and gypsum application on aflatoxin in peanuts. *Soil Crop Sci. Soc. Florida Proc.* 65:5–8.
- Wilson, D.M., and J.R. Stansell. 1983. Effect of irrigation regimes on aflatoxin contamination of peanut pods. *Peanut Sci.* 10:54–58.
- Wotton, H.R., and R.N. Strange. 1985. Circumstantial evidence for phytoalexin in involvement in the resistance of peanut to *Aspergillus flavus*. *J. General Microbiol.* 131:487–494.
- Wright, G.M. and A.L. Cruickshank. 1999. Agronomic, genetic and crop modeling strategies to minimize aflatoxin contamination in peanuts. p. 12–17. *In. R.G. Dietzgen (Eds.). Elimination of Aflatoxin Contamination in Peanut. ACIAR Proc. No. 89.* Canberra.
- Yusnawan, E. 2013. Isu global keamanan pangan kacang tanah I:Kontaminasi aflatoxin dan cara pencegahan saat prapanen berdasar bioekologi *Aspergillus flavus*. *Bul. Palawija.* No. 25, 11–17.
- Yusnawan, E. dan A.A. Rahmianna. 2004. Ekstrak Kelapa Komersial sebagai Media untuk Deteksi Cepat *Aspergillus flavus* Penghasil Aflatoxin. Hlm. 480–486. *Pros. Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Puslitbang Tanaman Pangan* 2004.