

Agustina Asri Rahmianna
Erliana Ginting

AFLATOKSIN

PADA KACANG TANAH DAN PENGENDALIANNYA



AFLATOKSIN

PADA KACANG TANAH DAN PENGENDALIANNYA

Agustina Asri Rahmianna
Erliana Ginting

AFLATOKSIN

PADA KACANG TANAH DAN PENGENDALIANNYA

Edisi Pertama

Copyright @ 2023

ISBN 978-623-130-201-4

136 h.

14,8 x 21 cm

cetakan ke-1, Mei 2023

Penulis

Agustina Asri Rahmianna

Erliana Ginting

Editor

Joko Susilo Utomo

Penerbit

Madza Media

Anggota IKAPI: No.273/JTI/2021

Kantor 1: Jl. Pahlawan, Simbatan, Kanor, Bojonegoro

Kantor 2: Jl. Bantaran Indah Blok H Dalam 4a Kota Malang

redaksi@madzamedia.co.id

www.madzamedia.co.id

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi dengan cara apapun,
termasuk dengan cara penggunaan mesin fotocopy tanpa izin sah
dari penerbit.

PRAKATA

Komoditas kacang tanah sangat akrab bagi masyarakat Indonesia melalui perannya terutama sebagai bahan pangan dalam menu makan sehari-hari. Namun demikian, kacang tanah yang diperdagangkan di masyarakat, terutama yang dijual di pasar tradisional, baik yang berbentuk biji maupun produk olahannya tercemar aflatoksin mulai dari kadar rendah hingga sangat tinggi. Senyawa aflatoksin dihasilkan oleh cendawan *Aspergillus flavus* strain toksik, baik ketika polong masih berada di lapang maupun setelah dipanen. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin lama jangka waktu kacang tanah dikonsumsi dari saat panennya, atau semakin panjang perjalanannya di dalam rantai perdagangan dari petani ke pedagang di pasar tradisional, maka cemaran aflatoksinya semakin tinggi. Pada manusia, aflatoksin terutama mempengaruhi kesehatan hati dan menghambat tumbuh kembang pada anak-anak. Hingga saat ini, beragam proses olahan yang dilakukan baik di tingkat rumah tangga maupun industri hanya dapat menurunkan kandungan aflatoksin namun tidak dapat membuang semua senyawa tersebut. Sebagian besar dari isi buku ini adalah rangkuman hasil penelitian tentang aflatoksin dan beragam cara atau teknologi menekan tingkat cemarannya, dilengkapi dengan peran kacang tanah dalam pangan, dan standar mutu kacang tanah yang selayaknya dipatuhi di dalam perdagangan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka kacang dan Umbi (Balitkabi) Dr. Ir. Titik Sundari, MP, rekan-rekan peneliti dan teknisi di Balitkabi yang telah berkontribusi dalam pengumpulan data dan informasi yang digunakan dalam buku ini. Terima kasih juga penulis haturkan untuk

semua pihak yang telah memberikan masukan dalam penyusunan buku ini.

Semoga buku ini bermanfaat bagi konsumen dan semua *stakeholder* pada rantai perdagangan kacang tanah untuk menghasilkan bahan baku kacang tanah yang rendah cemaran aflatoksin dalam upaya mendukung program keamanan pangan.

Malang, Maret 2023

Penulis

KATA PENGANTAR



Kacang tanah merupakan salah satu produk pangan di Indonesia yang sering dikonsumsi sebagai makanan ringan. Biji kacang tanah dikonsumsi setelah diolah dengan cara dikukus, direbus, disangrai atau digoreng. Di Indonesia, kacang tanah sering digunakan sebagai bumbu pelengkap makanan lain.

Kacang tanah memiliki kadar protein, vitamin, mineral dan serat yang tinggi. Kadar lemak tidak jenuh yang tinggi pada kacang tanah mampu berperan dalam penurunan risiko penyakit jantung. Kadar senyawa bioaktif yang tinggi seperti arginin, fitosterol dan asam fenolik juga berkontribusi dalam efek kesehatan pada konsumen kacang tanah.

Beberapa penelitian tentang pengaruh konsumsi kacang tanah menunjukkan manfaat kesehatan, seperti penurunan risiko diabetes dan mencegah terjadinya kanker. Akan tetapi, konsumsi kacang tanah tetap perlu diperhatikan karena adanya potensi bahaya kontaminasi aflatoksin. Kacang tanah dapat terinfeksi oleh jamur *Aspergillus flavus* atau *Aspergillus parasiticus* yang mampu memproduksi racun aflatoksin. Konsumsi aflatoksin jangka panjang dapat menyebabkan kanker hati. Pengolahan suhu tinggi tidak dapat menghilangkan bahaya aflatoksin, sehingga penanganan bahaya dilakukan dengan upaya pencegahan dan pengendalian kontaminasi dari proses penanaman hingga pasca panen.

Penelitian serta kajian tentang aflatoksin di Indonesia telah dilakukan. Salah satu kajian dari BPOM menyebutkan bahwa tiap

rantai pangan dapat meningkatkan kontaminasi AFB1 pada kacang tanah. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kewaspadaan, edukasi dalam penekanan serta pengurangan cemaran aflatoksin kepada seluruh pelaku usaha yang terlibat, termasuk konsumen.

“Aflatoksin pada Kacang Tanah dan Pengendaliannya” merupakan buku yang tersusun oleh informasi-informasi tentang wawasan serta pengetahuan aflatoksin pada kacang tanah. Buku ini terdiri dari delapan (8) bab yang akan membahas tentang status cemaran aflatoksin hingga standar mutu kacang tanah di Indonesia. Besar harapan kami, buku ini dapat menjadi buku pedoman yang dapat digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk memahami bahaya aflatoksin terlebih pada komoditi kacang tanah.

Yogyakarta, 9 April 2023

Prof. Dr. Ir. Endang Sutriswati Rahayu, M. S.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II PERAN KACANG TANAH DALAM PANGAN.....	8
A. Kacang Tanah sebagai Sumber Gizi	8
1. Lemak	10
2. Protein.....	11
3. Serat	11
4. Vitamin dan Mineral	12
B. Kacang Tanah sebagai Sumber Pangan Fungsional.....	12
1. Arginin.....	13
2. Resveratrol.....	13
3. Phytosterol.....	14
4. Flavonoid.....	14
BAB III AFLATOKSIN DAN STATUS CEMARAN PADA KACANG TANAH DI INDONESIA	16
A. Pengertian Aflatoksin	16
B. Jenis-jenis Aflatoksin	17

C. Aflatoksin B1 dan Kesehatan.....	18
D. Aflatoksin dan Kerugian Ekonomi.....	19
E. Status Aflatoksin pada Biji dan Produk Olahan Kacang Tanah	21

BAB IV PRODUKSI AFLATOKSIN25

A. <i>Aspergillus flavus</i> : Cendawan Penghasil Aflatoksin	25
B. Infeksi Cendawan <i>Aspergillus flavus</i> pada Biji	27
C. Produksi Senyawa Aflatoksin pada Biji.....	30
D. Faktor-faktor Pemicu Kontaminasi Aflatoksin.....	32
1. Kondisi Lingkungan yang Kering dan Panas.....	32
2. Polong dan Biji Muda	33
3. Penanganan Pascapanen yang Tidak Optimal.....	34
4. Lamanya Jangka Waktu antara Polong diproduksi dan dikonsumsi	36

BAB V STRATEGI PENCEGAHAN CEMARAN AFLATOKSIN.....38

A. Pengendalian Prapanen.....	39
B. Pengendalian Pascapanen.....	44
C. Pengolahan Menjadi Produk Makanan.....	48
1. Proses Fisik	49
2. Proses Kimia	50
D. Pengendalian secara Biologis	51
1. Aplikasi <i>A. flavus</i> dan <i>A. parasiticus</i> Non- toksik	51
2. Cendawan lain.....	54
3. Bakteri	56

	4. Khamir.....	58
BAB VI	METODE DETEKSI AFLATOKSIN	61
	A. Pengambilan Sampel.....	61
	B. Preparasi Sampel	68
	C. Analisis Sampel.....	69
BAB VII	STANDAR MUTU KOMODITAS KACANG TANAH	71
	A. Mutu Fisik Polong dan Biji.....	71
	B. Mutu Kimia Kacang Tanah	74
	C. Mutu Kacang Tanah Menurut Standar Industri	81
	D. Penerapan Standar Mutu Kacang Tanah	82
BAB VIII	PENUTUP.....	84
	INDEKS BUKU.....	86
	DAFTAR PUSTAKA.....	96
	PROFIL PENULIS	114

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kandungan Nutrisi per 100 gram (g) Biji Kacang Tanah	9
Tabel 2.	Kandungan Zat Gizi Kacang Tanah dan Berbagai Bahan Pangan (per 100 g Bahan Dapat dimakan).....	9
Tabel 3.	Kandungan Protein Total Beberapa Sereal dan Kacang-kacangan (per 100 g Bahan).....	10
Tabel 4.	Kandungan Aflatoksin B1 pada Sampel Kacang Tanah dan Produk Olahannya di Indonesia	22
Tabel 5.	Daftar Varietas Unggul dan Respons Ketahannya terhadap Infeksi <i>Aspergillus flavus</i>	39
Tabel 6.	Pengaruh Proses Pengolahan terhadap Pengurangan Kandungan Aflatoksin pada Produk Olahan Kacang Tanah.....	48
Tabel 7.	Efektivitas <i>Aspergillus flavus</i> dan <i>A. parasiticus</i> Strain Non-Toksik pada Pengendalian Kontaminasi Aflatoksin secara Biologi	52
Tabel 8.	Kadar Aflatoksin Biji Kacang Tanah yang Aplikasi <i>A. flavus</i> dan <i>A. parasiticus</i> Strain Non-Toksik di Lapang (Prapanen) dan Sebelum Penyimpanan.....	54
Tabel 9.	Efektivitas Aplikasi <i>Trichoderma sp</i> dan Bakteri Antagonis terhadap Populasi <i>A. flavus</i> pada Pertanaman Kacang Tanah di Lapang.....	55
Tabel 10.	Bakteri Asam Laktat (BAL) dan bifidobakteria yang Mampu Mengikat Aflatoksin B1(AfB1).....	57

Tabel 11.	Efektivitas Aplikasi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Rhizopus oligosporus</i> dalam Menurunkan Aflatoksin B1	59
Tabel 12.	Pengambilan Sampel untuk Analisis Aflatoksin pada Kacang Tanah di India untuk Tujuan Ekspor	68
Tabel 13.	Standar Mutu Fisik Polong Kacang Tanah (Gelondong)	71
Tabel 14.	Standar Mutu Fisik Biji Kacang Tanah (<i>Ose</i>)	73
Tabel 15.	Kisaran Cemaran Aflatoksin pada Bahan Pangan dan Jumlah Negara yang Telah Menetapkan Regulasinya	75
Tabel 16.	Batas Maksimum Aflatoksin pada Beberapa Komoditas dan Produk Pertanian yang Berlaku di Amerika Serikat dan Uni Eropa.....	76
Tabel 17.	Batas atas Kandungan Aflatoksin pada Beragam Produk Pangan	78
Tabel 18.	Batas atas Kandungan Aflatoksin dalam Makanan	79
Tabel 19.	Batas atas Kandungan Aflatoksin pada Pangan Olahan	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Lima (5) Pusat Gen Kacang Tanah di Amerika Selatan.....	2
Gambar 2.	Jalur Penyebaran Kacang Tanah dari Peru, Amerika Selatan ke Seluruh Dunia melalui Tiga (3) Jalur Utama.....	3
Gambar 3.	Setiap Polong Kacang Tanah Terdiri atas Biji dan Kulit Polong. Biji Terdiri atas Keping Biji, Kulit Ari, Embrio atau Bakal Tanaman	4
Gambar 4.	Penyediaan (Supply) Kacang Tanah Ose (Tanpa Kulit Polong) di Tingkat Nasional Mulai Tahun 2011-2019. Jumlah Penyediaan = Jumlah Produksi + Jumlah Impor - Jumlah Ekspor	5
Gambar 5.	Ragam Penggunaan Kacang Tanah Ose (Tanpa Kulit Polong) di Tingkat Nasional Mulai Tahun 2011-2019. Jumlah Penggunaan = Jumlah untuk Pakan + Benih + diproses untuk Makanan + diproses Menjadi Non-Makanan + Tercecer	6
Gambar 6.	Posisi Komoditas Kacang Tanah di Pasar Tradisional. Kacang Tanah dijual dalam Wadah Terbuka, disandingkan dengan Beragam Komoditas yang Lain	22
Gambar 7.	Cendawan <i>Aspergillus flavus</i> yang Bersifat Toksik (a) yang Menghasilkan Perpendaran Warna Ungu di Bawah Sinar Ultra Violet Panjang Gelombang (λ) = 365 nm (b),	

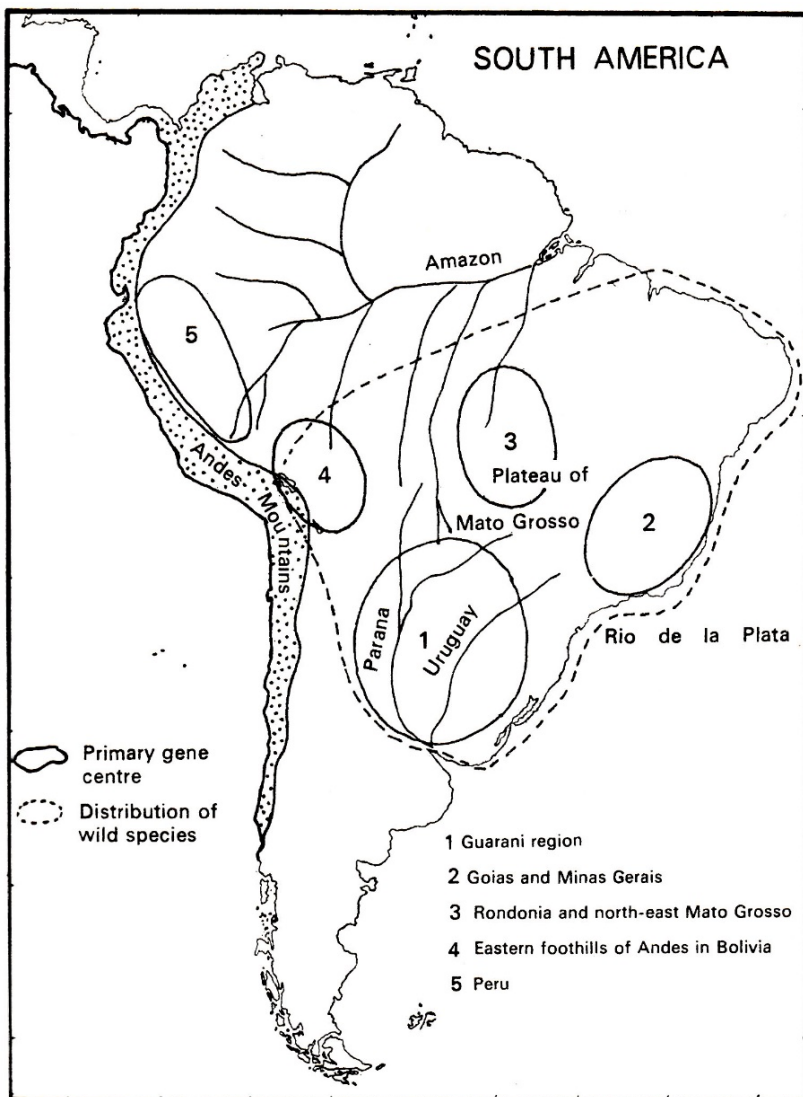
	Cendawan <i>A. Flavus</i> Non Toksik (c) yang Tidak Menghasilkan Perpendaran Warna Ungu (d)	26
Gambar 8.	Keragaan Polong Tanaman Kacang Tanah pada Saat Panen. Tipe Pertumbuhan <i>Indeterminate</i> Menghasilkan Polong pada Beragam Stadia Perkembangan dan Biji pada Beragam Tingkat Kemasakan	29
Gambar 9.	Zona Optimal Kadar Air Biji Kacang Tanah untuk Produksi Aflatoksin oleh Cendawan <i>Aspergillus flavus</i>	31
Gambar 10.	Produksi Aflatoksin pada Beragam Suhu Lingkungan. Produksi Aflatoksin Hanya Terjadi ketika Persyaratan Lemas maupun Suhu dipenuhi dengan Adanya Inokulum <i>Aspergillus flavus</i>	31
Gambar 11.	Kondisi Pertanaman Kacang Tanah yang Menderita Kekeringan pada Fase Generatif (Gambar a) dan yang Cukup Air (Gambar b).....	33
Gambar 12.	Kondisi Fisik Biji yaitu Biji Bagus/Utuh, Biji Keriput, dan Biji Rusak. Biji Rusak Potensial Berkorelasi dengan Kontaminasi Aflatoksin	34
Gambar 13.	Pengelolaan Pengeringan Polong Kacang Tanah yang Umum dijumpai di Tingkat Petani yang Berpotensi Terkontaminasi Aflatoksin pada Tingkat Tinggi (a, b) dan Rendah (c, d).....	35
Gambar 14.	Pengemasan Kembali oleh Pedagang Pengumpul Sangat Memungkinkan Bercampurnya Beragam Kualitas Polong Segar Kacang Tanah yang Berasal dari Penebas	36

Gambar 15.	Keragaan Tanaman dan Polong Varietas-varietas Unggul Tahan atau Agak Tahan Infeksi <i>Aspergillus flavus</i>	41
Gambar 16.	Pengairan dengan Cara Penggenangan. Pengairan pada Awal Pertumbuhan (a), Fase Vegetatif Aktif (b), dan Fase Generatif (c)	42
Gambar 17.	Saat Panen pada Kondisi Risiko Tingkat Kontaminasi Aflatoksin Tinggi (a) dan Risiko Tingkat Kontaminasi Aflatoksin Rendah (b)	44
Gambar 18.	Perontokan atau Memisahkan Polong dari Batang secara Manual (a, b) dan digeblokkan pada Batang Pisang (c, d)	45
Gambar 19.	Biji Kacang Tanah dengan Kulit Ari Terkelupas, atau Keping Biji Terbelah sebagai Akibat Proses Pengupasan.....	46
Gambar 20.	Ruang Penyimpanan Biji Kacang Tanah yang Memenuhi Syarat (a) dan yang Tidak Memenuhi Syarat (b).....	47
Gambar 21.	Sortasi Biji Utuh (a) dan Biji Rusak (b). Contoh Sortasi Biji sebagai Bahan Baku Industri Bumbu Pecel Skala Rumah Tangga (c), dan Sisa Hasil Sortirnya (d).....	47
Gambar 22.	<i>OC Curve</i> yang Merepresentasikan Bagian Suatu Lot Bahan yang Dapat diterima dan Risiko bagi Penjual/Produsen dan Pembeli/Konsumen	63
Gambar 23.	<i>Seed Divider</i> Sederhana (a), Bagian Atas Terdiri dari Kisi-kisi untuk Membagi Sampel Biji (b, c), Bagian Bawah adalah Wadah Biji setelah Melewati Kisi-kisi Pembagi (d).....	66

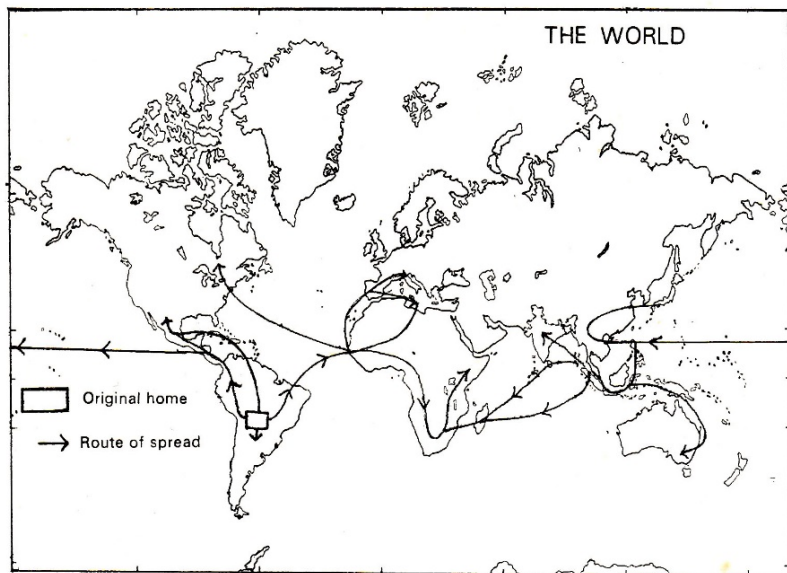
Gambar 24.	Prosedur Pembagian Sampel Biji Kacang Tanah untuk Memperoleh <i>Working Sample</i> untuk Beragam Pengamatan	67
Gambar 25.	Prosedur Pembagian Sampel Produk Kacang Tanah yang Masih Berbentuk Biji untuk Memperoleh <i>Working Sample</i> untuk Beragam Pengamatan	67

PENDAHULUAN

Tanaman kacang tanah berasal dari daerah di lereng Pegunungan Andes yang sekarang adalah negara-negara Argentina, Paraguay, Bolivia, Brazil, dan Peru seiring ditemukannya lima (5) pusat gen (*gen centre*) di lereng pegunungan tersebut (Gambar 1). Di lima pusat gen tersebut, ditemukan tetua dari varietas-varietas kacang tanah yang sekarang dibudidayakan di seluruh dunia (Hammons 1982; Sinha dan Bhagat 1988). Dari daerah asal ini, kacang tanah menyebar ke seluruh dunia melalui tiga jalur utama sebagai berikut (Gambar 2): 1). dari Peru menuju ke wilayah Pasifik bagian barat, ke China, Indonesia, dan Madagaskar; 2) dari Peru menuju Meksiko dan Philippina; dan 3) dari Peru ke Eropa melalui Portugal dan Italia (Sinha dan Bhagat 1988), dan dari Eropa kemudian menyebar ke pantai barat dan timur Afrika, kepulauan Pasifik dan Amerika Utara (Hammons 1982). Sentra produksi kacang tanah saat ini tersebar di negara-negara yang terletak di benua Asia, Afrika, dan Amerika baik bagian selatan maupun utara (Tillman dan Stalker 2009) pada posisi geografis antara 40° LU hingga 40° LS. Sedangkan di Indonesia, tanaman kacang tanah pertama kali ditemukan di Maluku pada tahun 1690 (Hammons 1982). Kini, tanaman kacang tanah telah menyebar di seluruh Indonesia, dan dibudidayakan secara intensif.



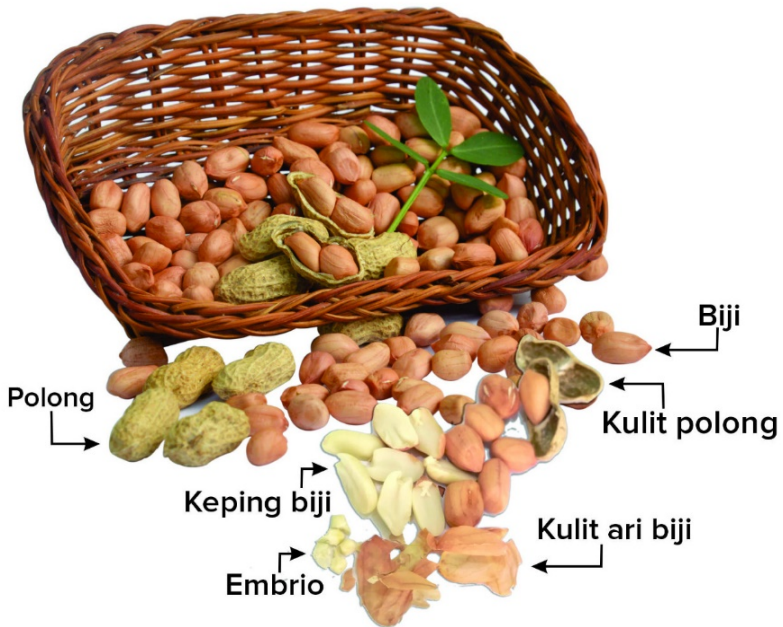
Gambar 1. Lima (5) Pusat Gen Kacang Tanah di Amerika Selatan



Gambar 2. Jalur Penyebaran Kacang Tanah dari Peru, Amerika Selatan ke Seluruh Dunia melalui Tiga (3) Jalur Utama

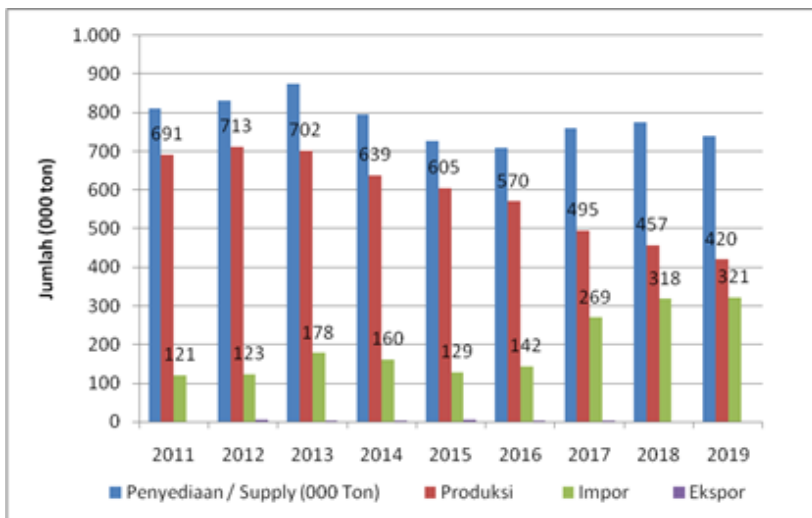
Setiap polong kacang tanah terdiri atas biji dan kulit polong. Biji terdiri atas keping biji, kulit ari, embrio atau bakal tanaman (Gambar 3). Bagian dari kacang tanah yang dikonsumsi adalah biji yang merupakan bagian utama dari polong kacang tanah dengan proporsi 60-80% bobot polong. Biji kacang tanah mengandung aneka vitamin dan mineral yang berguna bagi kesehatan tubuh. Kulit ari biji (*testa*) ternyata kaya akan ragam senyawa polifenol sehingga berpotensi digunakan sebagai sumber makanan fungsional dan sebagai sumber antioksidan alami yang sesuai untuk bahan suplemen dan beragam bahan tambahan pangan (Adhikari *et al.* 2019). Kandungan senyawa fenolik di dalam *testa* ternyata mempunyai *trend* menurun seiring perjalanan kacang tanah yang berawal saat panen di tingkat petani hingga di tingkat pedagang pengecer di pasar tradisional (Rahmianna 2020). Selain untuk pakan ternak, kulit polong kacang tanah dicampur dengan pelepah kelapa sawit diolah menjadi

biobriket (Paranita 2020). Sedangkan daun kacang tanah umumnya dimanfaatkan untuk pakan ternak dan pupuk hijau.



Gambar 3. Setiap Polong Kacang Tanah Terdiri atas Biji dan Kulit Polong. Biji Terdiri atas Keping Biji, Kulit Ari, Embrio atau Bakal Tanaman

Hingga saat ini, sebanyak apapun produksi kacang tanah ternyata masih belum mencukupi kebutuhan domestik. Oleh karena itu, Pemerintah Indonesia masih harus mengimpor kacang tanah untuk menutupi kekurangan tersebut. Selama delapan tahun, mulai tahun 2011 hingga 2019, impor kacang tanah dalam bentuk *grains* (ose, biji) rata-rata sebanyak 196 ribu ton/tahun (BKP Kementan 2020), dan sekitar 76% dari jumlah impor berasal dari India (Pusdatin 2020). Dalam kurun waktu tersebut, jumlah produksi berbanding terbalik dengan jumlah impor (Gambar 4).

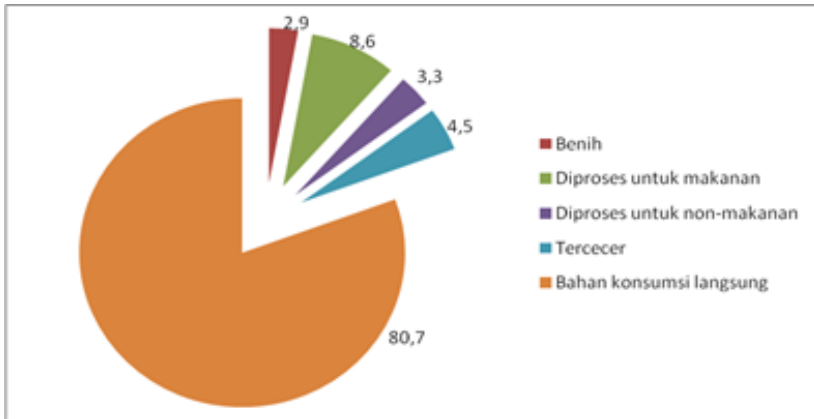


Gambar 4. Penyediaan (Supply) Kacang Tanah Ose (Tanpa Kulit Polong) di Tingkat Nasional Mulai Tahun 2011-2019. Jumlah Penyediaan = Jumlah Produksi + Jumlah Impor - Jumlah Ekspor

Sumber: Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Tw. I/Maret, BPS.

Kacang tanah sudah sangat populer bagi semua orang di seluruh dunia karena menjadi komponen penting dalam menu makan sehari-hari. Demikian pula di Indonesia, dengan tingkat konsumsi 0,27 kg/kapita/tahun (Respati *et al.* 2014), sebagian besar atau sekitar 80,7% kacang tanah ose yang tersedia digunakan sebagai bahan konsumsi langsung dalam aneka ragam produk mulai dari makanan ringan, bahan campuran atau pengisi kue dan roti, sebagai saus untuk melengkapi sajian lauk (misal pecel, gado-gado, sate, karedok). Diantara 19,3% sisa suplai, 8,6% diproses untuk industri makanan (misal minyak nabati, tepung dan pasta, biskuit, permen, selai, dan susu), sebanyak 3,3% diolah menjadi produk non-makanan, untuk benih 2,9%, dan yang tercecer atau hilang pada proses pascapanen cukup besar yaitu 4,5% (Gambar 5). Sementara bungkil kacang tanah, yakni ampas biji kacang tanah setelah diekstrak minyaknya, digunakan sebagai bahan baku oncom di Jawa Barat dan tempe

kacang di Jawa Timur. Diperkirakan kebutuhan kacang tanah akan meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan masyarakat dan beragamnya produk olahan kacang tanah akibat peningkatan jumlah penduduk.



Gambar 5. Ragam Penggunaan Kacang Tanah Ose (Tanpa Kulit Polong) di Tingkat Nasional Mulai Tahun 2011-2019. Jumlah Penggunaan = Jumlah untuk Pakan + Benih + diproses untuk Makanan + diproses Menjadi Non-Makanan + Tercecer

Sumber: Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Tw. I/Maret, BPS.

Produk yang kini tersedia di pasaran, baik berupa makanan tradisional maupun yang telah dimodifikasi, dan produk makanan baru terus berkembang. Demikian pula dengan penampilan, citarasa dan kemasannya. Industri pangan berbahan baku kacang tanah juga terus bermunculan, baik skala kecil, menengah, maupun besar. Oleh karena itu, diperlukan bahan baku kacang tanah yang memenuhi standar mutu, antara lain untuk tujuan agar aman dikonsumsi. Hal ini berkaitan dengan rentannya biji kacang tanah terhadap kontaminasi aflatoksin, yang terjadi baik pada saat prapanen maupun pascapanen.

Di Indonesia, kacang tanah ditanam di lahan sawah pada musim kemarau dengan pengairan terbatas, atau di lahan kering pada akhir musim hujan. Oleh karena itu, tanaman ini sangat berpeluang

mengalami cekaman kekeringan terutama pada fase generatif. Kekeringan pada fase generatif tanaman sangat berpengaruh pada hasil polong dan kebernasan biji (Rahmianna *et al.* 2004). Biji yang tidak bernas atau tidak masak (*immature*) lebih mudah terkontaminasi aflatoksin. Senyawa aflatoksin ini akan dibahas mulai dari Bab III hingga Bab VII. Sedangkan Bab II akan membahas peran komoditas kacang tanah sebagai pangan, dan Bab VIII membahas status komoditas kacang tanah.

PERAN KACANG TANAH DALAM PANGAN

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. Berdasar kandungan gizinya yang lengkap, kacang tanah digunakan sebagai sumber pangan utama untuk menekan (mengeleminir) malnutrisi di negara-negara Afrika (Guimón dan Guimón 2012). Lemak, protein, serat dan karbohidrat (didominasi oleh gula tidak tereduksi) merupakan komponen utama kacang tanah dan berada dalam bentuk yang menyehatkan (Ingale dan Shrivastava 2011, Arya *et al.* 2016).

A. Kacang Tanah sebagai Sumber Gizi

Setiap biji kacang tanah mengandung protein, lemak dan karbohidrat sebagai komponen utama, dilengkapi vitamin, elektrolit, dan mineral (Tabel 1). Lemak didominasi 76-82% asam lemak tidak jenuh, sedangkan sisanya asam lemak jenuh yang berupa asam palmitat dan miristat. Selain itu, proteinnya bersifat nabati, dan karbohidrat kompleks, salah satunya serat. Ketiga komponen tersebut merupakan nutrisi/bahan pangan yang aman bagi kesehatan manusia. Secara umum, komposisi lemak/minyak 44,2–56,0% basis kering, protein 17,2–30%, dan

karbohidrat 10-25% (Nigam 2014). Sedangkan varietas-varietas unggul di Indonesia mempunyai kandungan lemak dan protein masing-masing berkisar antara 39-53% dan 18,4-32,8% (Balitkabi 2016). Kandungan lemak pada kacang tanah adalah tertinggi di antara semua jenis kacang-kacangan, bahkan dengan beberapa komoditas tanaman pangan lainnya (Tabel 2). Demikian pula, kandungan protein pada kacang tanah juga lebih tinggi dari beberapa komoditas yang banyak dikonsumsi masyarakat (Tabel 3).

Tabel 1. Kandungan Nutrisi per 100 gram (g) Biji Kacang Tanah

Komponen	Nilai	% RDA	Komponen	Nilai	% RDA
Energi	567 kkal	29	Vit. C	0	0
Karbohidrat	16,13 g	12	Vit. E	8,33 mg	55,5
Protein	25,80 g	46	Mineral:		
Lemak total	49,24 g	165	Sodium	18 mg	1
Kolesterol	0 mg	0	Potasium	705 mg	15
Serat	8,5 g	22	Elektrolit:		
Vitamin:			Kalsium	92 mg	9
Folat	240 µg	60	Tembaga	1,144 mg	127
Niasin	12,066 mg	75	Besi	4,58 mg	57
Asam Pantotenat	1,767 mg	35	Magnesium	168 mg	42
Piridoksin	0,348 mg	27	Mangan	1,934 mg	84
Riboflavin	0,135 mg	10	Posfat	76 mg	54
Thiamin	0,640 mg	53	Selenium	7,2 µg	13
Vit. A	0 IU	0	Seng	3,27 mg	30

Sumber: USDA National Nutrient data base dalam Arya et al. 2016

Tabel 2. Kandungan Zat Gizi Kacang Tanah dan Berbagai Bahan Pangan (per 100 g Bahan Dapat dimakan)

Komoditas	Air (g)	Protein (g)	Karbo- hidrat (g)	Lemak (g)	Serat (g)
Padi	12,0	7,5	77,4	1,9	0,9
Jagung	10,0	10,0	70,0	4,5	2,0
Talas (umbi)	70,0	1,1	26,0	-	1,5
Ubi kayu (umbi)	62,0	1,8	92,5	0,3	2,5
Ubi jalar (umbi)	70,0	5,0	85,8	1,0	3,3
Kedelai	10,0	35,0	32,0	18,0	4,0
Kacang tanah	5,4	30,4	11,7	47,7	2,5
Kacang hijau	10,0	22,0	60,0	1,0	4,0

Sumber: Purnomo dan Purnamawati (2007)

Tabel 3. Kandungan Protein Total Beberapa Sereal dan Kacang-kacangan (per 100 g Bahan)

Sereal	Jumlah (%)	Kacang- kacangan	Jumlah (%)
Beras	7,40	Kedelai	30–46 *)
Jagung	5,59	<i>Chickpea</i>	18,50
Gandum	11,98	<i>Peas</i>	21,90
<i>Barley</i>	14,83	Lentil	20,60
		Kacang tanah	17,0–32,8 *)

Sumber: Patil 2017, *) Balitkabi 2016

1. Lemak

Profil lemak pada kacang tanah terdiri atas 50% *monounsaturated fatty acids* (MUFAs), 33% *polyunsaturated fatty acids* (PUFAs), dan 14% *saturated fatty acids*, yang ketiganya merupakan kombinasi asam-asam lemak yang aman bagi kesehatan jantung (Feldman 1999 dalam Arya *et al.* 2016). Asam lemak tidak jenuh seperti asam oleat dan linoleat, sedangkan asam lemak jenuh adalah palmitic.

Semakin tinggi kandungan asam oleat maka semakin tinggi stabilitas oksidatifnya atau stabilitas minyak sehingga tidak mudah teroksidasi yang ditandai dengan timbulnya bau tengik (Ingale dan Shrivastava 2011).

2. Protein

Protein kacang tanah mengandung 20 jenis asam amino, dan kacang tanah merupakan sumber tertinggi untuk asam amino jenis arginin (USDA 2014 *dalam* Arya *et al.* 2016). Selain arginin, asam glutamat dan asam aspartat juga sebagai asam amino utama (Settaluri *et al.* 2012). Protein yang dikandung kacang tanah dan kacang-kacangan yang lain termasuk kedelai sama dengan protein pada daging dan telur berdasar nilai cernanya (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*) untuk pertumbuhan dan kesehatan manusia (FAO 2002 *dalam* Arya *et al.* 2016). Sebagai protein nabati, protein kacang tanah juga mengandung komponen-komponen tambahan, seperti serat dan komponen bioaktif unik yang mempunyai pengaruh positif bagi kesehatan, dan senyawa ini tidak terdapat pada protein hewani. Protein kacang tanah diketahui mempunyai kapasitas emulsi, stabilitas emulsi, dan kapasitas membentuk busa atau *foam* yang bagus, serta mengikat air yang sangat bagus, memiliki tingkat kelarutan yang tinggi sehingga memperkaya kandungan protein suatu produk dalam industri makanan (Wu *et al.* 2009 *dalam* Arya *et al.* 2016). Berdasarkan hal ini, kacang tanah dapat digunakan sebagai bahan untuk fortifikasi pada makanan bayi (Nimsate *et al.* 2010 *dalam* Arya *et al.* 2016).

3. Serat

Kacang tanah juga kaya serat. Karbohidrat pada kacang tanah mempunyai komponen utama sukrosa dan pati,

sedangkan gula tereduksi berada dalam proporsi minimal dan hal ini yang berkontribusi pada rendahnya indeks glikemik (*glycemic index*, GI) dan *glycemic load* (GL) (Foster dan Powell 2002 dalam Arya *et al.* 2016). Berdasar dua komponen utama karbohidrat tersebut yaitu sukrosa dan pati, maka karbohidrat pada kacang tanah tidak berpotensi meningkatkan kadar gula darah. Bersama dengan kandungan magnesium dan serat yang tinggi, lemak tidak jenuh yang aman bagi kesehatan jantung, indeks glikemik yang aman bagi gula darah, maka kacang tanah dinyatakan sebagai bahan pangan yang aman bagi penderita diabetes (Arya *et al.* 2016).

4. Vitamin dan Mineral

Kandungan mineral utama kacang tanah adalah kalsium, magnesium, fosfor, dan sulfur. Sedangkan untuk vitamin diantaranya adalah riboflavin, thiamin, asam nikotinat, dan vitamin E. Vitamin E (tokoferol) juga memiliki aktivitas sebagai antioksidan (Arya *et al.* 2016, Toomer 2017). Kandungan masing-masing mineral dan vitamin tersebut disajikan pada Tabel 1.

B. Kacang Tanah sebagai Sumber Pangan Fungsional

Selain sumber protein dan lemak nabati, kacang tanah juga merupakan sumber pangan fungsional. Definisi pangan fungsional menurut Susanto dan Kristiningrum (2021) ..."pangan segar dan/atau olahan yang mengandung komponen yang bermanfaat untuk meningkatkan fungsi fisiologis tertentu, dan/atau mengurangi risiko sakit yang dibuktikan berdasarkan kajian ilmiah, harus menunjukkan manfaatnya dengan jumlah yang biasa dikonsumsi sebagai bagian dari pola makan sehari-hari, yang harus tetap dalam bentuk pangan, bukan dalam bentuk pil atau kapsul"

Beragam senyawa yang terkandung dalam biji dan kulit ari kacang tanah menambah manfaat bagi kesehatan selain kandungan nutrisi dasarnya. Kacang tanah telah dicanangkan sebagai pangan fungsional karena mempunyai beragam komponen yang berguna bagi kesehatan. Biji kacang tanah mengandung senyawa bioaktif arginin, polyphenols (yang terdiri dari senyawa phenolic acids, flavonoid, A-type procyanidins, p-coumaric), isoflavon, phytosterol, dan resveratrol. Semua senyawa ini merupakan antioksidan kuat yang dapat menetralkan radikal bebas dan molekul-molekul yang tidak stabil yang dapat menyebabkan kerusakan oksidasi dalam sel (Bonku dan Yu 2020). Sedangkan kulit polong mengandung senyawa phenolic, flavonoid, dan phytosterol. Semua senyawa bioaktif ini dapat berperan dalam menurunkan risiko penyakit kardiovaskuler, penyakit saraf degeneratif, kanker, radang, dan osteoporosis (Akram *et al.* 2018). Beberapa senyawa bioaktif utama adalah:

1. Arginin

Senyawa asam amino ini dibutuhkan tubuh manusia untuk menjaga kesehatan hati, kulit, persendian, dan otot, serta jantung. Senyawa arginin juga berguna untuk memperkuat sistem imunitas tubuh. Oleh karena itu, senyawa tersebut sekarang digunakan untuk pengobatan penyakit AIDS, kanker, dan penyakit-penyakit yang menekan sistem imunitas tubuh.

2. Resveratrol

Resveratrol termasuk senyawa stilbene yang merupakan salah satu kelompok (kelas) dari senyawa-senyawa polyphenol. Kacang tanah adalah sumber utama resveratrol selain buah anggur merah (dari kulit buahnya). Resveratrol merupakan senyawa yang mempunyai fungsi untuk pertahanan tubuh terhadap kanker, penyakit jantung,

penyakit saraf degeneratif, alzheimer, tumor, dan radang. Semua bagian tanaman kacang tanah, mulai dari akar hingga kulit polong dan kulit ari biji, mengandung resveratrol. Senyawa resveratrol pada tanaman kacang tanah akan meningkat jumlahnya ketika tanaman menderita stres atau cekaman baik biotik maupun abiotik (Sales dan Resurreccion 2014).

3. Phytosterol

Senyawa ini berada pada membran sel dengan struktur sama dengan kolesterol di dalam tubuh manusia. Ketika kita mengonsumsi kacang tanah, phytosterol yang terkandung kacang tanah akan berkompetisi dengan kolesterol dengan cara memblokir sistem pencernaan kita sehingga penyerapan kolesterol akan tertutup. Sebagai hasilnya, kandungan kolesterol di dalam darah akan berkurang. Sekarang, phytosterol sudah masuk dalam program diet untuk jantung sehat dan menurunkan risiko penyakit kardiovaskuler. Dengan mengonsumsi jumlah yang dianjurkan maka phytosterol akan menurunkan kadar kolesterol total dan *LDL (Low-Density Lipid)*. Phytosterol sangat bagus untuk memelihara kesehatan tubuh berdasar fungsi senyawanya yang dapat menurunkan risiko penyakit jantung, mengurangi radang, menurunkan pertumbuhan beragam jenis kanker. Semua produk berbahan baku kacang tanah misal selai kacang (*peanut butter*), tepung, minyak, aneka camilan kacang mengandung phytosterol.

4. Flavonoid

Senyawa flavonoid merupakan metabolit sekunder yang bermanfaat bagi kesehatan karena dapat berfungsi sebagai antioksidan. Asupan flavonoid yang tinggi dilaporkan bersifat protektif terhadap penyakit yang berkaitan dengan

jantung dan kanker (Arya *et al.* 2016). Jenis flavonoid yang terdapat pada biji kacang tanah antara lain isoflavon (daidzein, genistein, glycitein, formononetin) sebesar 21,1 mg/100 g dan flavanol (16 mg/100 g) yang meliputi katekin, gallokatekin, dan proantosianidin. Selai kacang juga merupakan sumber utama flavonoid selain teh hijau, teh hitam, buah apel, minuman anggur merah, dan kedelai (Fransisco dan Resurreccion 2008).

Total flavonoid pada biji kacang tanah bervariasi tergantung jenis/kultivar, lingkungan tumbuh, metode analisis dan satuan yang digunakan. Perkembangan metode analisis telah menghasilkan beragam satuan untuk menyatakan kandungan flavonoid pada biji kacang tanah, sebagai contoh kandungan flavonoid antara 62,79-243 mg ekuivalen dengan katekin/100 g (Attree *et al.* 2015, Yana *et al.* 2020, Zhou *et al.* 2021), atau 45 mg dan 39-453 mg ekuivalen dengan rutin/100 g (Li *et al.* 2014, Hou *et al.* 2017), atau 2,6-13,39 mg/100 g ekuivalen dengan kuersetin (Adhikari *et al.* 2018).

AFLATOKSIN DAN STATUS CEMARAN PADA KACANG TANAH DI INDONESIA

A. Pengertian Aflatoksin

Istilah aflatoksin atau *aflatoxin* merupakan gabungan dari kata afla dan toksin atau *toxin*. Afla mengacu pada nama cendawan *Aspergillus flavus* dan *toxin* atau toksin berarti racun. Oleh karena itu, aflatoksin berarti racun yang dihasilkan oleh *Aspergillus flavus*. Lebih detail, aflatoksin merupakan senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik, diproduksi oleh strain tertentu cendawan *A. flavus*, *A. parasiticus*, dan *A. numius* (Horn *et al.* 2000, Klich 2007). Penemuan aflatoksin bermula dari munculnya penyakit 'Turkey X' di Inggris pada tahun 1960 di mana 100.000 kalkun mati setelah makan kacang tanah terkontaminasi aflatoksin (Forgacs dan Carll 1962 *dalam* Amaike dan Keller 2011). Puluhan tahun kemudian, ratusan orang meninggal dunia pada kurun waktu kurang dari 10 tahun di Kenya akibat mengonsumsi jagung yang terkontaminasi aflatoksin (Lewis *et al.* 2005).

Aflatoksin mengakibatkan aflatoksikosis (aflatoksikosis adalah penyakit yang disebabkan oleh aflatoksin) pada manusia

atau ternak karena menghirup atau mengonsumsi makanan atau pakan terkontaminasi aflatoksin dalam kadar yang tinggi. Aflatoksikosis menjadi masalah serius di negara-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 atau penyebab kanker, mutagenik, dan *immuno suppressive* (Heathcote dan Hibbert 1978 *dalam* Wotton dan Strange 1985, IRAC 1987 *dalam* Mobeen *et al.* 2011). Oleh karena itu, aflatoksin termasuk golongan karsinogen kelas satu (IARC 1993 *dalam* Bankole *et al.* 2005), serta mempunyai predikat sebagai *hepatotoxic*, *carcinotoxic* dan *teratogenic* (Keenan dan Savage 1994). Beragam komoditas pertanian berpeluang terkontaminasi aflatoksin terutama kacang tanah, jagung, beras, dan susu, serta telur ketika ternak tersebut mengonsumsi pakan terkontaminasi aflatoksin.

B. Jenis-jenis Aflatoksin

Lebih dari 18 jenis aflatoksin telah diidentifikasi dan 13 jenis diantaranya diproduksi secara alamiah oleh cendawan *A. flavus* beracun (Benkerroum 2020). Aflatoksin B1 (AfB1), AfB2, AfG1, AfG2 merupakan jenis aflatoksin yang penting terkait dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekonomi karena tingginya insiden dan toksisitas, khususnya AfB1, serta umum ditemui pada bahan pangan dan pakan. Umumnya, *A. flavus* menghasilkan AfB1 dan AfB2, sedangkan *A. parasiticus* menghasilkan AfG1, AfG2, AfB1, dan AfB2. Senyawa-senyawa toksin tersebut diberi nama sesuai dengan karakteristik warna fluoresen pada saat pendeteksian menggunakan sinar ultraviolet

dengan panjang gelombang (λ) 365 nm. AfB1 dan AfB2 menghasilkan warna fluoresen biru, sedangkan AfG1 dan AfG2 memproduksi warna fluoresen hijau (Klich 2007). *Aspergillus flavus* secara umum memproduksi golongan toksin B (Payne 1998, Abbas *et al.* 2004b). Jagung, biji kapas, dan kacang tanah pada umumnya terkontaminasi AfB1 setelah terjadi kolonisasi *A. flavus* (Abbas *et al.* 2009). AfB1 banyak dihasilkan oleh *A. flavus* di Indonesia (Dharmaputra 2002). Sedangkan AfM1 dan AfM2 merupakan turunan AfB1 dan AfB2. AfM1 dan AfM2 mencemari susu dan produk susu yang disebabkan sapi penghasil susu tersebut mengonsumsi kacang tanah tercemar AfB1 atau AfB2 pada ransum pakannya.

Dari segi daya toksik keempat jenis aflatoksin utama tersebut, maka urutan toksisitasnya adalah AfB1 > AfG1 > AfB2 > AfG2. Di antara semua jenis aflatoksin yang telah ditemukan, AfB1 dan AfM1 merupakan toksin yang mendapat perhatian utama karena toksisitasnya terhadap hewan dan manusia (Bhatnagar *et al.* 2006). Berhubung paling berbahaya, maka AfB1 seringkali dipakai sebagai ambang batas maksimum aflatoksin dalam bahan pangan dan pakan (Goto 1990).

C. Aflatoksin B1 dan Kesehatan

Aflatoksin B1 atau AfB1 bersifat akumulatif dan akan menjadi masalah apabila sebanyak 1.000 $\mu\text{g/kg}$ ($\mu\text{g/kg}$ = ppb, *part per billion*) telah mengendap di dalam hati (Heathcote dan Hibbert 1978 *dalam* Wotton dan Strange 1985, Daren dan Shengyu 1997, Ullah 1997). AfB1 berpotensi menyebabkan kerusakan hati, pengerasan hati (*cirrhosis*) dan kanker hati (Hongkong Food dan Environmental Hygiene 2001 *dalam* Paramawati *et al.* 2006). Sifat karsinogenik yang dimiliki AfB1 menyebabkan adanya hubungan sebab akibat antara mengonsumsi kacang tanah atau produk olahannya yang mengandung AfB1 dengan kanker hati. Hal ini

terutama terjadi di negara-negara berkembang di Afrika, India, Asia Tenggara, Bangladesh dan China. Pada ternak, selain kanker hati, AfB1 juga menyebabkan turunnya bobot badan dan produksi susu atau telur karena berkurangnya nafsu makan.

Di Indonesia, meski kesadaran masyarakat akan bahaya AfB1 masih rendah, kegiatan penelitian tentang bahaya AfB1 bagi kesehatan sudah dilakukan. Pang *et al.* (1974) dan Muhilal dan Nurjadi (1977) *dalam* Machmud (1989) melaporkan bahwa kontaminasi AfB1 dan AfG1 kebanyakan terjadi pada biji kacang tanah dan produk berbahan baku kacang tanah. Kedua jenis aflatoksin ini merupakan senyawa karsinogen yang berpotensi menyebabkan kanker hati di mana ketika itu insiden kanker hati pada manusia dan hewan sangat tinggi. Pernyataan ini diperkuat dengan studi yang dilakukan kemudian, bahwa AfB1 terdeteksi pada jaringan hati 58% pasien yang menderita kanker hati primer. Tipe dan jumlah aflatoksin terdeteksi pada spisemen hati adalah AfB1, AfG1 dan AfM1 pada level hingga $>400 \mu\text{g/kg}$. Makanan yang dikonsumsi oleh pasien yang terdeteksi tersebut termasuk *oncom* (tempe kacang difermentasi oleh jamur *Rhizopus oligosporus*), kacang tanah goreng, bumbu kacang, bungkil kacang, kecap, ikan asin, dan beragam obat tradisional dibuat dari herbal (Blaney 1987 *dalam* Machmud 1989). Demikian pula studi pada tahun 2000/01 menginformasikan bahwa 12% insiden kanker terjadi di hati, yang berhubungan dengan AfB1 dan virus hepatitis B (Tjindarbumi dan Mangunkusumo 2002). AfB1 diduga berperan dalam memicu mutasi P53 gen sel hati yang seterusnya menimbulkan kanker hati (Rasyid 2006).

D. Aflatoksin dan Kerugian Ekonomi

Senyawa aflatoksin mengakibatkan aflatoksikosis pada manusia dan ternak karena menghirup atau mengonsumsi makanan atau pakan terkontaminasi aflatoksin dalam kadar

yang tinggi. Akibat buruk/merugikan yang ditimbulkan oleh senyawa aflatoksin menjadi isu dunia. Aflatoksikosis menjadi masalah serius di negara berkembang terutama di Asia dan Afrika, di mana sistem keamanan pangan belum berkembang secara baik untuk melindungi konsumen dari konsumsi produk makanan yang tidak sehat. Di negara-negara yang sudah berkembang, pemerintah menaruh perhatian yang serius pada isu keamanan pangan, termasuk aflatoksin, dan permintaan yang terus meningkat kepada industri untuk memenuhi regulasi standar keamanan pangan yang ketat. Meskipun demikian, di negara maju seperti Amerika Serikat, kehilangan hasil akibat kontaminasi aflatoksin dilaporkan mencapai jutaan dolar (Amaike dan Keller 2011). Kontaminasi aflatoksin pada kacang tanah menyebabkan kerugian ekonomi yang sangat besar.

Di Indonesia, isu utama cemaran aflatoksin pada kacang tanah berhubungan dengan risiko kesehatan. Tingkat konsumsi kacang tanah yang semakin meningkat berpeluang semakin banyak masyarakat terpapar bahaya aflatoksin (Nugraha *et al.* 2018). Penderita kanker hati di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 18,5 ribu orang dengan biaya rawat dan pengobatan Rp180an M. Angka ini 5,3% dari total pembiayaan Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) yang mencapai Rp3,41 T untuk semua kasus kanker pada tahun 2018 (Fathurohman 2020). Ketersediaan biji kacang tanah rendah cemaran AfB1 di pasaran dapat mengurangi konsumen dari risiko terpapar AfB1, penyebab kanker hati.

Secara global, dampak langsung kontaminasi aflatoksin pada bidang ekonomi utamanya dikarenakan turunnya volume perdagangan komoditas pertanian, hilangnya nilai suatu komoditas di pasar, penolakan produk oleh pasar internasional, biaya perawatan dan pengobatan penderita kanker, dan

kerugian karena sakit dan matinya ternak karena penyakit yang berhubungan dengan aflatoksin.

E. Status Aflatoksin pada Biji dan Produk Olahan Kacang Tanah

Kontaminasi aflatoksin dapat terjadi pada biji, minyak, bungkil, tepung dan produk makanan berbahan baku kacang tanah. Infeksi *A. flavus* dan produksi aflatoksin pada biji kacang tanah dapat terjadi di setiap mata rantai perdagangan mulai dari petani, penebas, pengumpul, hingga pedagang di pasar, dan industri olahan. Tingkat infeksi *A. flavus* pada biji kacang tanah pada saat dipanen berkisar antara 17–25% dan 25–40%, masing-masing pada kacang tanah yang ditanam pada musim hujan dan musim kemarau di Kab. Pati (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 AFB1 relatif kecil/rendah ($\leq 15 \mu\text{g/kg}$) pada kacang tanah polong (kadar air 46–49%) di tingkat petani, penebas dan pedagang pengumpul (Tabel 3.1). Sebaliknya, kontaminasi AFB1 relatif tinggi ($1,7\text{--}124 \mu\text{g/kg}$) pada biji kacang tanah (kadar air 8,4%) di tingkat pedagang pengecer, bahkan hingga $2.024 \mu\text{g/kg}$ di tingkat pedagang pengecer di pasar tradisional (Tabel 4). Cemarkan AFB1 dengan kisaran 0– $1.154 \mu\text{g/kg}$ dan 80% dari jumlah sampel mengandung AFB1 $>30 \mu\text{g/kg}$ ditemukan pada biji kacang tanah yang diambil dari pedagang pengecer di tiga pasar di Bogor (Dharmaputra *et al.* 1989). Demikian pula sampel biji kacang tanah dari tiga pasar di daerah Muntinan, Malang dan Denpasar mempunyai kadar AFB1 sebesar $<1\text{--}206 \mu\text{g/kg}$ (Goto *et al.* 1999). Kisaran hasil yang mirip: sebesar $4,4\text{--}205 \mu\text{g/kg}$ juga diperoleh pada sampel biji kacang tanah dari beberapa pasar di empat kabupaten di Provinsi Lampung (Paramawati *et al.* 2006). Kontaminasi AFB1 berkisar antara 15–

>100 µg/kg dideteksi pada sampel biji kacang tanah yang dijual oleh pedagang pengecer di enam 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 AfB1 yang relatif tinggi. Fakta di atas menunjukkan besarnya peluang kontaminasi AfB1 pada proses pengeringan dan penyimpanan, juga selama dalam jalur perdagangan dari pedagang pengumpul sampai ke tingkat pedagang pengecer. Di pasar tradisional, kacang tanah diujakan dalam keadaan terbuka (Gambar 6), sehingga berpeluang untuk meningkatnya produksi aflatoksin.



Gambar 6. Posisi Komoditas Kacang Tanah di Pasar Tradisional. Kacang Tanah dijual dalam Wadah Terbuka, disandingkan dengan Beragam Komoditas yang Lain

Tabel 4. Kandungan Aflatoksin B1 pada Sampel Kacang Tanah dan Produk Olahannya di Indonesia

Ragam komoditas kacang tanah	Kandungan AfB1 (µg/kg)
Biji ^a	180
Biji, dari pedagang di pasar ^{b,c}	0–1154
Biji, dari pedagang pengecer ^d	1,7–124
Polong, dari petani, penebas, pengumpul ^d	≤15
Polong, dari petani di Banjarnegara ^f	>5–>100
Polong, dari petani di Banjarnegara ^f	>5–≤50
Polong, dari pedagang pengumpul di Banjarnegara ^f	>5–≤15
Polong, dari pedagang pengecer di Banjarnegara ^f	>5–>100
Polong, dari prosesor di Banjarnegara ^f	>5–≤50
Biji, dari petani di Sinjai, Sulsel ^g	0,4–329,7
Biji, dari pedagang pengumpul di Sinjai, Sulsel ^g	0,3–2.024
Biji, dari pedagang pengecer di Sinjai, Sulsel ^g	0,3–161,6
Biji, dari pedagang besar di Sinjai, Sulsel ^g	41,3
Bumbu kacang tanah ^a	83
Bumbu pecel ^d	0–221
Gado-gado ^e	12,4–52,5
Karedok ^e	60
Ketoprak ^e	10–25
Ketupat tahu ^e	10
Kacang goreng ^e	30
Kacang rebus ^a	80
Kacang garing/asin ^{a, d}	Td–<5
Kacang telur (<i>flour coated peanut</i>) ^{a, d}	Td–<15
Enting-enting gepuk ^d	0–24
Selai kacang tanah (<i>peanut butter</i>) ^{a, c}	10–13
Tempe kacang tanah ^c	20

Oncom ^a	67
Oncom goreng ^a	41
<i>Cake</i> manis kacang tanah ^a	170
Minyak kacang tanah ^a	61
Bungkil kacang tanah ^a	126

Keterangan: Td: tidak terdeteksi

Sumber: ^a Muhilal *et al.* 1971 dalam Mahmud 1989; ^b Dharmaputra *et al.* 1989; ^c Goto *et al.* 1999; ^d Dharmaputra *et al.* 2003; ^e Fardiaz 1997; ^f Rahmianna *et al.* 2007; ^g Rahmianna *et al.* 2012

Prosesor kacang tanah terutama skala kecil biasanya membeli bahan baku dari pedagang pengecer di pasar tradisional, sehingga kontaminasi AfB1 pada produk olahan yang dihasilkan cukup besar. Sebagai contoh sampel bumbu pecel yang diambil dari penjual di Bogor, Yogyakarta, Malang, dan Wonogiri mengandung AfB1 0–221 µg/kg. Sedangkan sampel enting-enting gepuk mengandung AfB1 dengan kisaran 0–24 µg/kg (Tabel 3.1). Hal ini kemungkinan karena kriteria pemilihan bahan baku kacang tanah yang lebih baik untuk enting-enting gepuk dibanding dengan bumbu pecel. Sementara relatif rendahnya kandungan AfB1 (<15 µg/kg) pada sampel kacang atom (*flour coated peanut*), karena pemilihan biji utuh, juga karena terlindungi oleh adonan tepung yang dicampur dengan bawang putih dan garam (Dharmaputra *et al.* 2003).

Prosesor kacang tanah skala besar umumnya menerima pasokan bahan baku langsung dari pedagang pengumpul dengan persyaratan khusus yang diperlukan untuk pengolahan produk kacang tanah tertentu. Misal, pasokan kacang tanah polong harus kurang dari 48 jam setelah panen. Maka, sampel kacang tanah polong basah dan kacang garing yang diperoleh dari pabrik ini menunjukkan tingkat kontaminasi AfB1 yang rendah, yakni <5 µg/kg (Dharmaputra *et al.* 2003).

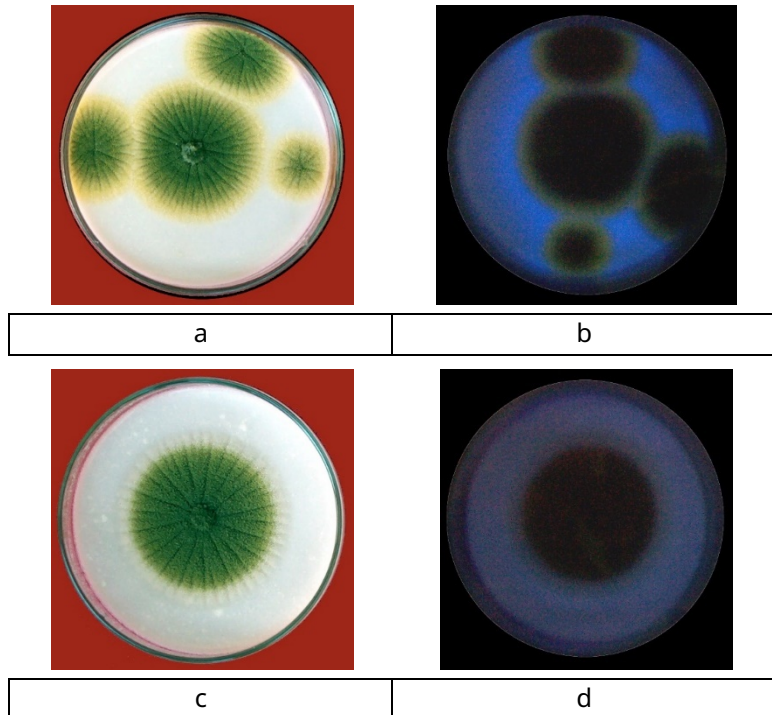
PRODUKSI AFLATOKSIN

Secara umum, penyebab utama terjadinya kontaminasi aflatoksin pada bahan pangan adalah kondisi prapanen dan pascapanen yang jelek. Diantara beragam solusi, pengelolaan teknik budidaya dapat menekan produksi aflatoksin pada kacang tanah dengan cara pengelolaan tanaman, perbaikan lahan, perbaikan teknis panen, penyimpanan, pengeringan, dan praktik pengolahan produk. Pengelolaan praktik budidaya dan pengelolaan pascapanen polong yang sempurna merupakan aspek penting untuk menekan dan meminimalisir kontaminasi aflatoksin. Infeksi cendawan *A. flavus* pada polong sebelum dipanen (infeksi prapanen) dan produksi aflatoksin berkaitan erat dengan hadirnya *A. flavus* di dalam tanah, kandungan lengas tanah, dan suhu tanah selama fase perkembangan polong hingga pemasakan biji (Craufurd *et al.* 2006).

A. *Aspergillus flavus*: Cendawan Penghasil Aflatoksin

Aspergillus flavus merupakan cendawan saprofit. Cendawan *A. flavus* di alam secara garis besar dikelompokkan menjadi dua yaitu strain toksik dan non-toksik. Strain toksik merupakan strain yang mampu menghasilkan aflatoksin, sedangkan strain non-toksik adalah strain yang tidak menghasilkan toksin (Gambar 7). Strain toksik dapat mengakibatkan aflatoksikosis 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. Selain memproduksi aflatoksin, *A. flavus* memproduksi senyawa metabolit sekunder yang lain yaitu *cyclopiazonic acid* (CPA) dan *aflatrem* (Klich 2007, Georgianna *et al.* 2010). 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 menggunakan sinar ultraviolet dengan panjang gelombang (λ) 365 nm, dan perpendaran ini tidak ditemui pada strain non-toksik (Gambar 7).



Gambar 7. Cendawan *Aspergillus flavus* yang Bersifat Toksik (a) yang Menghasilkan Perpendaran Warna Ungu di Bawah Sinar Ultra Violet Panjang Gelombang (λ) = 365 nm (b), Cendawan *A. Flavus* Non Toksik (c) yang Tidak Menghasilkan Perpendaran Warna Ungu (d) (Sumber: Dharmaputra 2014)

B. Infeksi Cendawan *Aspergillus flavus* pada Biji

Spora cendawan *A. flavus* secara alami terdapat di dalam tanah dan di udara, dan menginfeksi hampir semua lahan kacang tanah di dunia (Diener *et al.* 1982). Infeksi *A. flavus* ke dalam polong dapat terjadi ketika polong masih berada di lapang, saat polong dipanen, saat polong dijemur, ketika disimpan di gudang, serta ketika biji berada 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. Rusak atau lukanya polong dapat disebabkan oleh deraan lingkungan seperti cuaca kering, serangan serangga hama, nematoda, cendawan patogen, serta alat penyiangan gulma dan alat panen (Diener 1973 *dalam* Diener *et al.* 1982, Diener *et al.* 1982, Pettit 1984, Keenan dan Savage 1994, Cole *et al.* 1995). Selain adanya polong rusak atau luka, polong keriput, menurunnya kesehatan tanaman akibat serangan hama dan penyakit merupakan peluang bagi *A. flavus* untuk menginfeksi polong. Polong yang rusak sebagai jalan masuknya cendawan ke biji, di mana cendawan kemudian menginfeksi biji dan berkembang biak membentuk koloni (Diener *et al.* 1982).

Pada periode prapanen, kepekaan biji kacang tanah terhadap infeksi cendawan *A. flavus* sangat berkaitan dengan kondisi biotik dan abiotik lingkungan, umur tanaman, dan varietas tanaman (Mixon 1980). Infeksi *A. flavus* pada masa prapanen akan terjadi pada saat tanaman terdera kekeringan dikombinasikan dengan suhu di *geocarphosphere* (daerah sekitar polong) antara 25°–38°C (Azaizeh *et al.* 1989). Tampak bahwa infeksi *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 aktivitas metabolisme biji sehingga biji lebih peka terhadap infeksi cendawan (Sanders *et al.* 1981).

Tingkat infeksi atau jumlah biji yang terinfeksi *A. flavus* dan pertumbuhan *A. flavus* pada biji dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama lengas tanah, suhu tanah, dan kelembaban udara relatif. Kondisi kering (pada tegangan air tanah 15 bar) dengan suhu tanah sekitar 30°C selama 50 hari pada akhir masa pertumbuhan tanaman dapat menyebabkan tingkat infeksi mencapai 80% (Sanders *et al.* 1981). Kondisi lingkungan yang kering dan panas akan mendukung perkembangbiakan *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* yaitu senyawa antimikroba dan antijamur (Wotton and Strange 1987, Dorner *et al.* 1989). Kelembaban udara relatif lingkungan sekitar biji sangat mempengaruhi kadar air biji (Porter *et al.* 1982). Pada kadar air biji <15% pertumbuhan cendawan *A. flavus* akan terganggu (Pettit 1984). Demikian pula pertumbuhan cendawan semakin rendah dengan semakin tingginya kandungan air biji >30% (Diener *et al.* 1982). Hal ini karena adanya ketahanan biji terhadap serangan cendawan dengan dihasilkannya *phytoalexin* dengan semakin tingginya kandungan air di dalam biji (Basha *et al.* 1994).

Saat panen erat hubungannya dengan tingkat kemasakan biji. Kacang tanah termasuk tanaman *indeterminate* yaitu berbunga hampir sepanjang masa pertumbuhan tanaman, sehingga menghasilkan biji dengan beragam tingkat kemasakan pada saat panen. 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, dan biji yang belum masak lebih mudah terinfeksi *A. flavus*. Peluang infeksi *A. flavus* menjadi lebih besar bila dilakukan penundaan waktu panen dan pengeringan, terlebih pada musim hujan. Demikian pula proses pengeringan polong, harus segera dilakukan maksimal 48 jam setelah pemanenan (Cardona *et al.* 1989). Tingkat infeksi *A. flavus* pada polong kacang tanah yang diperam atau disimpan 24 jam setelah panen relatif sama dengan yang tidak diperam (Sumartini *et al.* 2006).



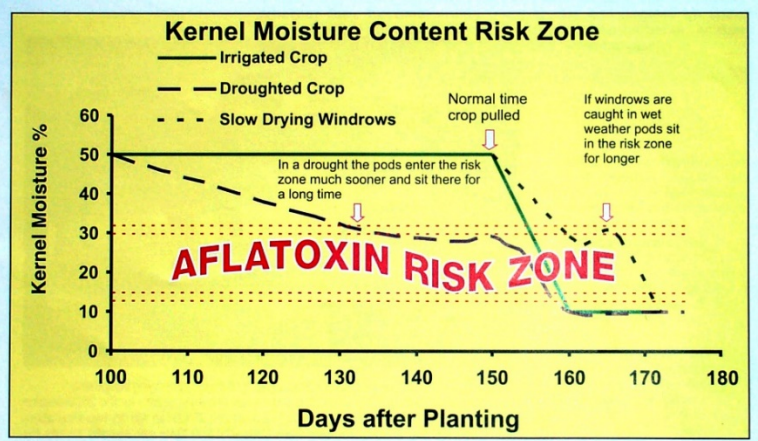
Gambar 8. Keragaan Polong Tanaman Kacang Tanah pada Saat Panen. Tipe Pertumbuhan *Indeterminate* Menghasilkan Polong pada Beragam Stadia Perkembangan dan Biji pada Beragam Tingkat Kemasakan

C. Produksi Senyawa Aflatoksin pada Biji

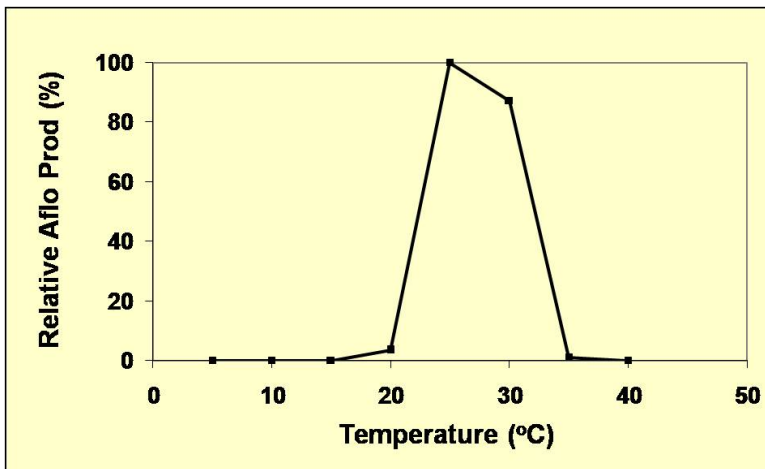
Ketika cendawan *A. flavus* berhasil masuk ke dalam polong melalui luka makro maupun mikro pada kulit polong (Porter *et al.* 1986), maka akan menginfeksi biji. Pada periode itu cendawan sebagai makhluk hidup melaksanakan metabolisme dan aflatoksin merupakan salah satu senyawa hasil metabolisme tersebut. Produksi aflatoksin di dalam biji dipengaruhi oleh komposisi genetik individu isolat cendawan, komposisi substrat, organisme kompetitor, dan kadar air biji, serta kelembaban relatif dan suhu lingkungan sekitar biji (Diener *et al.* 1982, Pettit 1984, Keenan dan Savage 1994).

Cendawan *A. flavus* optimum menghasilkan aflatoksin pada kadar air substrat 15–30% (Gambar 9), suhu berkisar antara 25°–30°C dan kelembaban nisbi 85% (ICAR 1987). 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). Secara umum, produksi aflatoksin meningkat dengan naiknya suhu dari 20°C menuju 30°C, kemudian menurun hingga suhu 40°C tidak lagi diproduksi aflatoksin (Gambar 10).

Berhubung infeksi *A. flavus* pada kacang tanah dapat terjadi sejak tanaman masih berada di lapang sampai dengan penyimpanan, maka 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). Pada masa pascapanen, kontaminasi aflatoksin biasanya terjadi ketika polong kacang tanah tidak dikeringkan dalam waktu 48 jam setelah panen (Ingantileke 1987 dalam Cardona *et al.* 1989). Itulah sebabnya, beberapa industri besar pengolahan kacang tanah hanya menerima pasokan bahan baku polong kacang tanah yang dipanen tidak lebih dari 48 jam.



Gambar 9. Zona Optimal Kadar Air Biji Kacang Tanah untuk Produksi Aflatoksin oleh Cendawan *Aspergillus flavus*
 Sumber: Crop Link 2000



Gambar 10. Produksi Aflatoksin pada Beragam Suhu Lingkungan. Produksi Aflatoksin Hanya Terjadi ketika Persyaratan Lemas maupun Suhu dipenuhi dengan Adanya Inokulum *Aspergillus flavus*
 Sumber: Diener dan Cole 1982, Elamin et al. 1988

D. Faktor-faktor Pemicu Kontaminasi Aflatoksin

1. Kondisi Lingkungan yang Kering dan Panas

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 (Gambar 11) meningkatkan produksi aflatoksin. Deraan kekeringan yang tinggi pada saat 3 hingga 6 minggu sebelum kacang tanah dipanen sangat berpeluang untuk diproduksi aflatoksin di dalam biji yang sudah terinfeksi *A. flavus*. Peluang terkontaminasi aflatoksin pada biji bernas menjadi semakin tinggi ketika cekaman kekeringan terjadi mulai fase pengisian polong hingga saat panen (Dorner 2008a).

Suhu tinggi dan kekeringan diduga berpengaruh secara langsung terhadap fisiologi tanaman. Kekeringan menginduksi peningkatan *proline* dan senyawa ini dilaporkan memicu pembentukan aflatoksin (Payne dan Hagler 1983), sebaliknya deraan kekeringan menghambat pembentukan *phytoalexin*. Hal lain adalah berkurangnya cendawan kompetitor *A. flavus* 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 cendawan *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin adalah pengairan (Wilson dan Stansell 1983).

Pengairan pada pertanaman kacang tanah diyakini mampu meningkatkan kadar air biji. Pada kadar air biji yang tinggi, biji kacang tanah mampu menghasilkan senyawa *phytoalexin* yang berfungsi sebagai penghambat

perkecambahan spora dan pertumbuhan hifa cendawan *A. flavus* yang menginfeksi biji. Hal ini berpeluang menekan kontaminasi aflatoksin (Wotton dan Strange 1987, Cookey *et al.* 1988). Kandungan air tanah yang tinggi di sekitar polong selama fase generatif hingga panen diyakini menghasilkan kondisi fisiologis yang prima bagi polong dan biji sehingga terhindar dari infeksi *A. flavus* 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.



a. kekeringan



b. cukup air

Gambar 11. Kondisi Pertanaman Kacang Tanah yang Menderita Kekeringan pada Fase Generatif (Gambar a) dan yang Cukup Air (Gambar b)

2. Polong dan Biji Muda

Kondisi fisik polong dan biji pada umur tanaman yang berbeda ternyata juga berpengaruh terhadap kontaminasi aflatoksin. Biji rusak atau yang masih muda (*immature*) mempunyai kandungan aflatoksin lebih tinggi daripada biji yang utuh maupun *mature* atau biji yang sudah berada pada umur panen (Gambar 12) (Dorner *et al.* 1989, Keenan and Savage 1994). Pada kondisi terdera kekeringan dan suhu

lingkungan yang tinggi, kontaminasi aflatoksin terjadi lebih dahulu dan pada tingkat yang lebih parah pada biji muda karena mekanisme resistensi biji muda terhadap infeksi *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin akan hilang lebih awal (Sanders *et al.* 1981, Sanders *et al.* 1993). Meningkatnya kepekaan polong terhadap serangan cendawan disebabkan oleh menurunnya kandungan air dan kegiatan fisiologis polong maupun biji, serta meningkatnya serangan hama (Diener *et al.* 1982).



Gambar 12. Kondisi Fisik Biji yaitu Biji Bagus/Utuh, Biji Keriput, dan Biji Rusak. Biji Rusak Potensial Berkorelasi dengan Kontaminasi Aflatoksin

3. Penanganan Pascapanen yang Tidak Optimal

Penundaan pengeringan: Penundaan pengeringan polong, terutama untuk panen pada musim hujan, akan memberi peluang bagi pertumbuhan cendawan *A. flavus* (Gambar 13). Adanya polong atau biji luka pada saat perontokan dan pemisahan kulit polong juga memberi peluang bagi infeksi cendawan dan kontaminasi aflatoksin (Woodroof 1983 *dalam* Ginting dan Beti 1996).



a



b



c



d

Gambar 13. Pengelolaan Pengeringan Polong Kacang Tanah yang Umum dijumpai di Tingkat Petani yang Berpotensi Terkontaminasi Aflatoksin pada Tingkat Tinggi (a, b) dan Rendah (c, d)

Kondisi penyimpanan yang tidak optimal: Ruang penyimpanan yang lembab dan panas, serta rendahnya sanitasi dan minimalnya perlindungan ruang penyimpan terhadap serangan hama akan memicu kontaminasi aflatoksin. Hal ini terutama terjadi ketika kadar air biji yang disimpan masih tinggi ($>9\%$).

Beragamnya mutu polong: Tindakan mencampur polong kacang tanah dari berbagai petani dengan kondisi mutu yang beragam seperti yang biasanya dilakukan oleh penebas atau pedagang pengumpul, memberi peluang lebih besar terjadinya kontaminasi aflatoksin (Gambar 14).



Gambar 14. Pengemasan Kembali oleh Pedagang Pengumpul Sangat Memungkinkan Bercampurnya Beragam Kualitas Polong Segar Kacang Tanah yang Berasal dari Penebas

4. Lamanya Jangka Waktu antara Polong diproduksi dan dikonsumsi

Peningkatan kandungan aflatoksin di sepanjang mata rantai perdagangan merupakan akumulasi cemaran aflatoksin mulai dari panen hingga penyimpanan di tingkat pedagang. Hal ini disebabkan oleh: 1) sifat resistensi dari aflatoksin di dalam biji yang tidak dapat terdegradasi, dan 2) terdapat cendawan *A. flavus* yang tumbuh. Kondisi kemasan yang kedap udara di dalam kantong plastik telah menghasilkan lingkungan dengan kandungan oksigen rendah yang memacu cendawan memproduksi aflatoksin. Oleh karena itu, semakin lama senjang waktu antara produksi kacang tanah dengan saat diolah menjadi bahan konsumsi, kontaminasi aflatoksin berpotensi menjadi lebih tinggi.

Hal-hal tersebut terjadi karena masih rendahnya tingkat kesadaran dan pengetahuan akan bahaya aflatoksin para

stakeholder di sepanjang rantai perdagangan kacang tanah, tidak adanya perbedaan harga jual antara polong yang baik dengan polong jelek di tingkat petani akibat diberlakukannya sistem tebasan, penentuan harga di tingkat pedagang yang hanya berdasarkan mutu fisik. Demikian pula di tingkat prosesor terutama skala kecil, yang cenderung memilih bahan baku dengan harga yang relatif murah tanpa mempertimbangkan kualitasnya.

STRATEGI PENCEGAHAN CEMARAN AFLATOKSIN

Hal penting untuk mencegah kontaminasi aflatoksin adalah usaha pengendalian infeksi cendawan *A. flavus* dengan mencegah masuknya cendawan tersebut pada biji kacang tanah. Pada prinsipnya penurunan atau pencegahan infeksi *A. flavus* adalah dengan mengusahakan supaya polong tetap utuh (tahan deraan fisik lingkungan) atau kulit ari biji mempunyai mekanisme menolak infeksi cendawan. Teknik 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).

Ketika *A. flavus* sudah berhasil menginfeksi biji, maka kontaminasi aflatoksin hanya terjadi apabila cendawan tersebut berada pada biji dengan kadar air, kelembaban relatif lingkungan, dan suhu yang optimal untuk produksi toksin (Schearer *et al.* 1999 dalam Wright and Cruickshank, 1999). Usaha untuk mencegah infeksi *A. flavus* harus sudah dimulai sejak tanaman masih di lapang, berlanjut pada tingkat pascapanen, hingga ketika sampai di konsumen. Dengan demikian pengendalian kontaminasi juga sudah dimulai dari saat prapanen hingga pascapanen.

A. Pengendalian Prapanen

Kontaminasi aflatoksin tidak dapat dihilangkan 100% melalui proses pengolahan menjadi produk makanan atau pakan, sehingga perlu dikendalikan melalui penanganan prapanen dan pascapanen yang tepat serta sortasi bahan baku yang ketat sebelum pengolahan. Deraan kekeringan paling tidak selama 20-30 hari atau selama satu bulan menjelang panen menyebabkan terjadinya infeksi cendawan *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin.

Oleh karena itu tindakan pengendalian yang dianjurkan pada masa prapanen antara lain:

1. Menanam varietas tahan infeksi *A. flavus*, sekaligus kontaminasi aflatoksin rendah. Di Indonesia telah tersedia varietas unggul kacang tanah dengan produktivitas tinggi, tahan atau agak tahan infeksi *A. flavus*, dengan sifat ketahanan yang lain (Tabel 5). Varietas-varietas ini mempunyai biji yang tahan terhadap infeksi *A. flavus*. Dengan demikian diharapkan mampu mencegah atau menekan kontaminasi AfB1. Penanaman varietas tahan infeksi *A. flavus* merupakan teknologi yang paling murah dan mudah untuk diadopsi petani.

Tabel 5. Daftar Varietas Unggul dan Respons Ketahannya terhadap Infeksi *Aspergillus flavus*

Varietas	Potensi hasil *)	<i>Aspergillus flavus</i> **)	Sifat lain
Sima	2,4	Agak tahan	Toleran kekeringan
Turangga	3,6	Agak tahan	Toleran kekeringan
Kancil	2,4	Toleran	Toleran terhadap khlorosis
Tuban	3,2	Agak tahan	Toleran kekeringan, toleran kahat Fe dan

			adaptif di Alfisol alkalis
Bison	3,6	Agak tahan	Toleran kahat Fe dan adaptif di Alfisol alkalis, toleran naungan intensitas 25%
Domba	3,6	Tahan	Toleran kahat Fe dan adaptif di Alfisol alkalis
Talam 1	3,2	Tahan	Agak tahan di lahan agak masam
Litbang Garuda 5	3,5	Tahan, aflatoksin rendah	Toleran di lahan Alfisol alkalis
Tala 1	3,2	Tahan	Adaptif di lahan endemk layu bakteri
Tala 2	3,1	Tahan	Adaptif di lahan endemk layu bakteri

Keterangan: *) ton/ha polong kering, **) respons terhadap infeksi.

Sumber: Balitkabi 2016



Varietas Sima



Varietas Turangga



Varietas Kancil



Varietas Tuban



Varietas Bison



Varietas Domba



Varietas Talam 1



Varietas Litbang Garuda 5



Varietas Tala 1



Varietas Tala 2

Gambar 15. Keragaan Tanaman dan Polong Varietas-varietas Unggul Tahan atau Agak Tahan Infeksi *Aspergillus flavus*

Sumber: Purnomo et al. 2020

2. Tanam awal untuk mengoptimalkan lengas tanah pada pertumbuhan tanaman. Hal ini dilakukan untuk menghindari tanaman dari kekeringan dan infeksi cendawan, serta serangan hama pada fase generatif akhir (Pettit 1984).
3. Pengairan untuk mencegah tanaman terdera kekeringan (*drought 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. Kandungan lengas tanah tidak boleh <50% kapasitas lapang pada fase generatif (Rahmianna *et al.* 2007), karena hal ini akan menyebabkan kadar air biji <30% (Rahmianna dan Purnomo 2018). Selain pada fase generatif akhir, pertumbuhan awal dan pertumbuhan vegetatif juga sangat memerlukan air. Dengan demikian ketiga fase tumbuh ini perlu diairi ketika kacang tanah ditanam pada musim kemarau (Gambar 16).



a. awal pertumbuhan



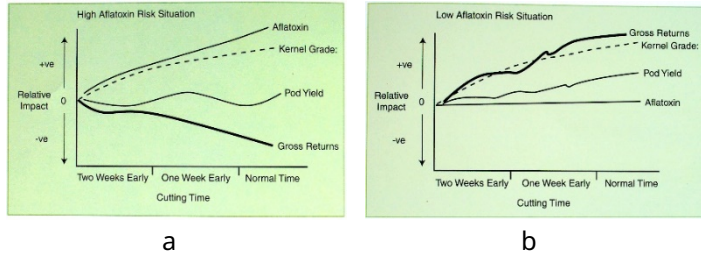
b. vegetatif aktif



c. fase generatif

Gambar 16. Pengairan dengan Cara Penggenangan. Pengairan pada Awal Pertumbuhan (a), Fase Vegetatif Aktif (b), dan Fase Generatif (c)

4. Aplikasi dolomit sebagai sumber hara kalsium pada saat pengisian polong mampu menurunkan bobot biji keriput sehingga meningkatkan bobot biji bernas. Populasi cendawan *A. flavus* di daerah polong pada saat tanaman berumur 55 hari akan menyebabkan kerusakan biji karena hifa *A. flavus* yang telah masuk ke dalam polong akan berkembang dan membentuk spora pada kulit ari biji. Proses sporulasi ini dirangsang oleh asam linoleat dan asam hidroperoksilenat (*hydroperoxylenic acid*) yang terkandung di dalam biji. Sangat wajar apabila kemudian biji mengalami pengurangan padatan sehingga menjadi keriput ketika dikeringkan. Selain itu, aplikasi hara kalsium menyebabkan kulit ari biji menjadi lebih tebal, sehingga menurunkan tingkat infeksi cendawan *Aspergillus* spp dan *Penicillium* spp pada biji (Fernandez *et al.* 1997). Berkurangnya infeksi cendawan *A. flavus*, selain karena penebalan kulit biji setelah aplikasi kapur, juga adanya perbedaan ketahanan kulit ari biji terhadap infeksi cendawan *A. flavus* (Kasno *et al.* 2011).
5. Saat panen. Saat panen erat hubungannya dengan tingkat kemasakan biji. Biji yang belum masak lebih mudah terinfeksi *A. flavus*, demikian pula biji yang lewat masak. Pada kondisi tingkat risiko kontaminasi rendah maka panen dilakukan pada saat masak optimum (umur antara 90–100 hari, tergantung varietasnya) dengan kriteria minimal 75% jumlah polong isi pada kulit polong bagian dalam telah berwarna gelap. Sebaliknya pada tingkat risiko kontaminasi yang tinggi maka disarankan panen awal (Gambar 17). 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.



Gambar 17. Saat Panen pada Kondisi Risiko Tingkat Kontaminasi Aflatoksin Tinggi (a) dan Risiko Tingkat Kontaminasi Aflatoksin Rendah (b)

Sumber: Crop Link 2000

B. Pengendalian Pascapanen

Penanganan pascapanen kacang tanah sangat perlu memperhatikan hal-hal berikut ini:

1. Sortasi polong saat panen. Polong kacang tanah yang terinfeksi cendawan dan busuk dipisahkan dari yang baik untuk mencegah kontaminasi lebih lanjut (Dorner 2008a).
2. Tidak menunda perontokan polong. Perontokan harus dilakukan secepat mungkin. Sebelum 24 jam sebaiknya kacang tanah sudah selesai dirontokkan kemudian dijemur atau dikeringanginkan untuk mencegah berkembangbiaknya *A. flavus* dan kontaminasi aflatoksin pada biji. Perontokan dengan cara manual (dipetik) memberi risiko kecil untuk polong rusak atau 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 harus diusahakan sekecil mungkin.



a



b



c



d

Gambar 18. Perontokan atau Memisahkan Polong dari Batang secara Manual (a, b) dan digeblokkan pada Batang Pisang (c, d)

3. Pengurangan kadar air secara cepat. Pengeringan harus dilakukan segera sampai kadar air 9% untuk polong dan 7% untuk biji agar aman dari risiko infeksi cendawan dan kontaminasi aflatoksin. Pengeringan dilakukan tanpa penundaan, dengan demikian panen musim hujan harus terus dikeringanginkan meskipun hari hujan atau mendung. Bahwa penurunan kadar air polong kacang tanah hingga <12% dalam 2 hari menunjukkan tingkat kontaminasi aflatoksin yang cukup rendah antara 0,4–3,8 µg/kg (Paramawati *et al.* 2006).
4. Mengusahkan biji utuh setelah dikupas. Pengupasan polong harus semaksimal mungkin menghindari terjadinya biji luka atau rusak pada kulit arinya karena merupakan media yang baik bagi serangan hama dan infeksi cendawan (Gambar 19).



Gambar 19. Biji Kacang Tanah dengan Kulit Ari Terkelupas, atau Keping Biji Terbelah sebagai Akibat Proses Pengupasan

5. Penyimpanan yang tepat dan aman. Hal ini 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 µg/kg) selama empat bulan penyimpanan (Ginting 2006). Untuk skala besar, penyimpanan biji kacang tanah (kadar air 8%) dalam karung goni yang dirangkap dengan kantong plastik PE tipis akan efektif sampai enam bulan dengan kadar aflatoksin 16,8 µg/kg (Dharmaputra 2002). Sementara untuk penyimpanan dalam bentuk polong, disarankan dalam karung plastik yang dirangkap dengan kantong plastik PP karena kadar AfB1 selama penyimpanan tiga bulan pada suhu kamar hanya sebesar 2,2 µg/kg (Hakim 2009). Kondisi ruang penyimpanan yang lembab akan berakibat buruk pada kualitas kacang tanah (Gambar 20).



a



b

Gambar 20. Ruang Penyimpanan Biji Kacang Tanah yang Memenuhi Syarat (a) dan yang Tidak Memenuhi Syarat (b)

6. Sortasi polong dan biji kering. Pemisahan polong dan biji kacang tanah yang muda, keriput, busuk, pecah/berlubang, luka, dan berjamur pada setiap tahapan kegiatan pasca-panen dan dalam pemilihan (seleksi) bahan baku sebelum diolah juga merupakan upaya pengendalian atau 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).



a



b



c



d

Gambar 21. Sortasi Biji Utuh (a) dan Biji Rusak (b). Contoh Sortasi Biji sebagai Bahan Baku Industri Bumbu Pecel Skala Rumah Tangga (c), dan Sisa Hasil Sortirnya (d)

C. Pengolahan Menjadi Produk Makanan

Meskipun aflatoksin tidak dapat hilang secara tuntas, ternyata pengolahan menjadi beberapa produk menurunkan kadar racun karena sifat senyawa tersebut yang stabil dan tahan panas (ICAR 1987). Sebagai contoh bahwa pembuatan *peanut butter* (selai kacang) menurunkan tingkat kontaminasi 79,4%, ekstraksi menjadi minyak menurunkan 77,6%, kacang dipres secara hidrolis menurunkan 47,1% (Ferdiaz 1991). Demikian pula pada pengolahan kacang garing yang diawali dengan pemilihan bahan baku yang baik, perebusan dengan garam hingga pengeringan dalam oven, rata-rata kandungan AfB1 <5 µg/kg (Tabel 6). Beberapa proses pengolahan kacang tanah yang dapat mengurangi tingkat kontaminasi dicantumkan pada Tabel 6.

Tabel 6. 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	33,0
Penyangraian, 150°C, 5 menit ^a	Kacang garing	75,0
Penyangraian 160°C, 20 menit, sortasi dan penggilingan ^b	Selai kacang	59,5
Penggorengan minyak, 150°C, 2 menit ^a	Kacang goreng	73,0
Pemanasan <i>microwave</i> 124°C, 15 menit ^d	Biji kacang oven	96,0
Penyangraian 150°C, 25 menit ^e	Biji kacang sangrai	68,5
Perendaman larutan kapur 0,33%; pengeringan oven 70°C 12 jam;	Kacang tanah rendah lemak	56,9

pengepresan, perendaman larutan garam 2% 30 menit; pengeringan oven 160°C 1 jam ^f		
Fermentasi dengan jamur :		
<i>Neurospora sitophila</i> ^c	Oncom merah	5,0
<i>Neurospora sithopila</i> ^b	Oncom merah	58,9
<i>Rizopus oligosporus</i> ^c	Oncom hitam	70,0
<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 selama 2 jam ^c	Biji kacang	96,0
Perlakuan gas klorin 10% ^c	Biji kacang	90,0
Perlakuan dg 10% H ₂ O ₂ pada pH 9,5; RH 80%; 30 menit ^c	Biji kacang	97,0

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

1. Proses Fisik

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 92°C selama 5 menit menurunkan kontaminasi AfB1 50-60%

(Mobben *et al.* 2011), sedangkan pada suhu 124°C selama 15 menit dapat menurunkan 96% AfB1 (Farak *et al.* 1996). Penjemuran biji kacang tanah di bawah sinar matahari selama 7 jam dapat mengurangi 10,2% AfB1. Kacang yang digoreng dengan minyak pada suhu 150°C selama 120 menit ternyata tidak dapat menghilangkan tuntas aflatoksin di dalam biji tetapi menurunkan kandungan racun sebanyak 34% (Mahmud 1989). Selain cara pengolahan yang dikemukakan di muka, ekstraksi minyak, iradiasi, dan fumigasi ternyata juga dapat menurunkan tingkat kontaminasi pada biji-bijian (baik *nuts* maupun *grains*).

2. Proses Kimia

Kombinasi perendaman dalam larutan kapur dan garam dengan pemanasan dan pengepresan pada pembuatan kacang tanah lemak rendah, dapat menurunkan 56,9% AfB1 (Ansori 2004). 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). Demikian pula proses fermentasi pada pembuatan oncom memungkinkan terjadinya pengurangan aflatoksin 50-86,6% (Tabel 5.2). 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) meskipun dapat berpengaruh terhadap sifat sensoris terutama rasa. Amoniasi juga efektif menurunkan kadar aflatoksin, yaitu menurunkan efek toksik dan karsinogeniknya sampai >99% (Park 2002).

D. Pengendalian secara Biologis

Pengendalian aflatoksin pada kacang tanah juga dapat dilakukan secara biologis. Pengendalian ini dengan memanfaatkan mikrobia misal cendawan, bakteri, *yeast*/khamir yang dapat berkompetisi dengan *A. flavus* dan *A. parasiticus* penghasil aflatoksin. Upaya tersebut dilakukan baik pada penanganan prapanen maupun pascapanen.

1. Aplikasi *A. flavus* dan *A. parasiticus* Non-toksik

Cendawan *A. flavus* strain non-toksik (*atoxigenic*) dilaporkan tidak hanya efektif menekan kontaminasi aflatoksin di lapang, namun juga kontaminasi yang terjadi pada saat penyimpanan (Dorner dan Cle 2002). Penurunan kontaminasi aflatoksin pada kacang tanah dengan aplikasi kedua cendawan non-toksik tersebut di lapang dilaporkan sebesar 74,3-99,9% (Guchi 2015). Adapun mekanisme reduksi kontaminasi tersebut adalah persaingan secara eksklusif atau fisik (*exclusion competitive*) berdasarkan jumlah populasi kedua jenis cendawan tersebut (toksik dan non-toksik) dan secara kimia bersaing dalam mendapatkan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhannya (Torres *et al.* 2014, Mamo *et al.* 2017). Spora dari strain cendawan non-toksik yang diinokulasikan di tanah harus cukup tinggi jumlahnya untuk dapat berkompetisi dengan strain toksik yang secara alamiah berada di sekitar tanaman kacang tanah. Kompetisi ini menyebabkan populasi cendawan toksik akan jauh berkurang, sehingga aflatoksin yang dihasilkan juga berkurang. Dosis 11,2-22,4 kg/ha dianjurkan untuk aplikasi rutin strain non-toksik *A. flavus* dan *A. parasiticus* pada tanah di sekitar tanaman pada setiap kali musim tanam (Kabak dan Dobson 2009). Efektivitas aplikasi juga sangat ditentukan oleh waktu aplikasi yang dilaporkan optimum

pada periode antara pematangan biji hingga panen (Mamo *et al.* 2017) atau di tengah masa pertumbuhan (Dorner 2009).

Aplikasi *A. flavus* dan *A. parasiticus* non-toksik dilaporkan efektif mengurangi kontaminasi aflatoxin pada kacang tanah yang besarnya bervariasi antarjenis dan strain cendawan yang digunakan (Tabel 7). Penggunaan *A. flavus* non-toksik tampak lebih efektif dibandingkan *A. parasiticus* non-toksik dan setara efektivitasnya dengan kombinasi keduanya (Dorner 2009). Dua strain *A. flavus* non-toksik yang dilaporkan cukup efektif adalah AF36 dan NRRL 21882 (Kabak dan Dobson 2009). Strain AF36 (NRRL 18543) telah ditetapkan sebagai biopestisida oleh *US Environmental Protection Agency* dan disetujui aplikasinya dalam pengendalian kontaminasi aflatoxin pada produksi kapas. Sedangkan NRRL 21882 telah dikomersialkan dengan nama Afla-Guard® di Amerika Serikat dan digunakan pada tanaman kacang tanah (Dorner dan Lamb 2006, Reddy *et al.* 2009, Torres *et al.* 2014).

Tabel 7. Efektivitas *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus* Strain Non-Toksik pada Pengendalian Kontaminasi Aflatoksin secara Biologi

Cendawan strain non-toksik	Penurunan kontaminasi aflatoksin (%)		Negara
	di labora- torium	di lapang	
<i>A. flavus</i>			
AR27. AR100G. AFCHG2 ^a	--	78-89	Argentina
NRRL21368 ^a	78-99	--	Amerika Serikat
AFCHG2 ^a	--	71	Argentina

NRRL 21368 ^a	--	89-95	Amerika Serikat
NRRL 21882 ^a	--	91	Amerika Serikat
NRRL 21882 ^a	--	97	Amerika Serikat
NRRL 21882 ^b	--	68-94	Amerika Serikat
GD-15 ^a	33-99		China
> 2 strains ^a	--	43-98	Australia
<i>A. parasiticus</i>			
NRRL 21369 ^b	--	39-81	Amerika Serikat
NRRL 13539 ^b	--	72-92	Amerika Serikat
<i>A. flavus</i> + <i>A. parasiticus</i>			
NRRL 21882 + NRRL 13539 ^b	--	95-98	Amerika Serikat

Sumber: ^a Mamo et al. (2017). ^b Dorner (2009).

Aplikasi *A. flavus* dan *A. parasiticus* strain non-toksik pada tanaman di lapang dan dilanjutkan dengan aplikasi pada biji sebelum disimpan tampak lebih efektif dibandingkan dengan tanpa aplikasi, hanya aplikasi lapang, dan hanya aplikasi sebelum penyimpanan (Tabel 8). Hal ini menunjukkan bahwa kontaminasi oleh cendawan yang sama terjadi baik di lapang maupun pada penyimpanan di gudang.

Tabel 8. Kadar Aflatoksin Biji Kacang Tanah yang Aplikasi *A. flavus* dan *A. parasiticus* Strain Non-Toksik di Lapang (Prapanen) dan Sebelum Penyimpanan

Aplikasi di lapang	Kadar aflatoksin prapanen (µg/kg)		Aplikasi sebelum penyimpanan	Kadar aflatoksin setelah penyimpanan (µg/kg)	
	1998	1999		1998	1999
Kontrol	0,0	516,8	Kontrol - Kontrol	78,0	11.579,3
			Kontrol - Aplikasi		6.771,0
Aplikasi	0,0	54,1	Kontrol - Kontrol	1,4	380,0
			Kontrol - Aplikasi	0,8	368,4

Sumber: Dorner (2009).

2. Cendawan lain

Beberapa isolat *Trichoderma* di antaranya *T. viride* (Tv47), *T. harzianum* (Th23), dan *T. koningii* (Tk83) dan beberapa strainnya telah digunakan untuk mereduksi kolonisasi *Aspergillus* pada biji kacang tanah (Anjaiah *et al.* 2006, Guchi 2015) disajikan pada Tabel 9. Aplikasi filtrat dari kultur cendawan *Aspergillus niger* BIO 2129 dan *T. harzianum* BIO 19130 masing-masing dengan konsentrasi konidia 1×10^6 hingga 3×10^6 per ml mampu menurunkan produksi AfB1 sampai 100% (Dharmaputra 2003).

Rhizopus oligosporus (F0216) mempunyai kemampuan tumbuh lebih cepat sehingga mampu berkompetisi dengan *A. flavus* di samping juga kemampuannya mendegradasi aflatoksin sehingga menurunkan toksisitasnya (Endarwati dan Kusumaningtyas 2017). Pada media cair, *R. oligosporus* diamati dapat menghambat produksi AfB1 hingga 90% (Shanta 1999). Selain itu, *R. stolonifer* (NRRL 1477), *R. arrhizus* (NRRL 2585), dan *R. oryzae* (NRRL 395) juga efektif mendegradasi AfB1 dan AfG1 (Ji *et al.* 2016) dengan cara konversi/biotransformasi AfB1 menjadi senyawa aflatoksikol

(AFR₀) setelah inkubasi selama 3 hari (Wu *et al.* 2009) akibat aktivitas enzim peroksidase yang dihasilkan oleh miselia jamur tersebut (Guan *et al.* 2011). Secara khusus, *R. oryzae* memiliki kemampuan transformasi AfB1 menjadi senyawa non-toksik hingga 85% selama 5 hari dengan merusak cincin difuran AfB1 (Guan *et al.* 2011). Semua jenis *Rhizopus* sp tersebut memegang peranan penting pada fermentasi tempe. Demikian pula aplikasi kultur *Trichoderma* sp. 639, *Rhizopus* sp. 668, *Rhizopus* sp. 720, dan *Alternaria* sp. juga mampu mendegradasi AfB1 65-99% setelah ditumbuhkan selama 5 hari pada suhu 28±2°C (Kabak dan Dorson 2009).

Tabel 9. Efektivitas Aplikasi *Trichoderma* sp dan Bakteri Antagonis terhadap Populasi *A. flavus* pada Pertanaman Kacang Tanah di Lapang

Jenis bakteri dan <i>Trichoderma</i> spp	Populasi <i>A. flavus</i> di tanah saat panen (CFU × 10 ³ /g tanah)	Infeksi <i>A. flavus</i> saat pengisian polong (%)	Infeksi <i>A. flavus</i> pada biji saat panen (%)
<i>T. harzianum</i> (T-13)	182 (62)	14 (56)	19 (44)
<i>T. longibrachiatum</i> (T-16)	100 (79)	12 (63)	11 (68)
<i>T. viride</i> (T-17)	160 (67)	16 (50)	18 (47)
<i>T. viride</i> (T-25)	150 (69)	18 (44)	15 (56)
<i>T. harzianum</i> (T-23)	125 (74)	13 (59)	18 (47)
<i>Trichoderma</i> sp. (T-28)	120 (75)	15 (53)	21 (38)
<i>Pseudomonas</i> sp. 132	118 (75)	13 (59)	12 (65)
<i>Bacillus</i> sp. 52	90 (81)	13 (59)	17 (50)
<i>P. fluorescens</i> Pf2	210 (56)	14 (56)	26 (24)
Kontrol	480 (0)	32 (0)	34 (0)

() = angka di dalam kurung adalah persentase penurunan dibandingkan dengan kontrol. CFU = Colony Forming Unit. T: *Trichoderma*, P: *Pseudomonas*.

Sumber: Anjaiah *et al.* (2006).

3. Bakteri

Bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas* sp seperti *P. aeruginosa* CDB35, *P. cepacia* dan *P. fluorescens* juga dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan *A. flavus* di lapang (Tabel 10). Studi di laboratorium menunjukkan bahwa bakteri *Mycobacterium fluoranthenorans* dapat mendegradasi AfB1 hingga >90% dalam waktu 4 jam inkubasi pada suhu 30°C dan AfB1 tidak terdeteksi lagi setelah 8 jam. Demikian pula dengan bakteri *Rhodococcus erythropolis* yang menyisakan hanya 17% AfB1 setelah 48 jam dan 3-6% setelah 72 jam (Wu *et al.* 2009). Proses degradasi aflatoksin ini terjadi melalui mekanisme enzimatik yang diproduksi oleh bakteri tersebut secara ekstraseluler (Reddy *et al.* 2009).

Detoksifikasi AfB1 secara biologi pada produk makanan dapat dilakukan melalui mekanisme degradasi secara enzimatik atau modifikasi senyawa toksin sehingga berkurang tingkat toksisitasnya. Sebagai contoh adalah bakteri tanah *Flavobacterium aurantiacum* NRRL B-184 dapat menghilangkan AfB1 secara *irreversible* pada produk pangan seperti susu, minyak, biji dan mentega kacang tanah, serta pakan ternak (Kabak dan Dorson 2009, Wu *et al.* 2009). Kultur/starter *F. aurantiacum* yang umurnya lebih tua (75 jam) lebih efektif dalam mengeliminasi AfB1 daripada yang berumur 24 jam dan 48 jam. Kelemahan aplikasi bakteri ini adalah keberadaan warna pigmen oranye yang membatasi penggunaannya dalam formulasi produk makanan (Kabak dan Dobson 2009).

Sejumlah strain bakteri asam laktat (BAL) dan bifidobakteria juga dilaporkan efektif mengikat aflatoksin dengan kapasitas yang beragam (Tabel 5.6). Kemampuan mengikat toksin ini berkaitan dengan senyawa kimia polisakarida dan peptidoglukan yang terdapat pada dinding

sel bakteri tersebut (Kabak dan Dobson 2009). Perlakuan pemanasan dapat meningkatkan kemampuan kultur BAL (*non-viable bacteria*) dalam mengeliminasi aflatoksin dengan adanya denaturasi protein atau terbentuknya senyawa-senyawa hasil reaksi Maillard antara polisakarida dan protein. Namun beberapa studi melaporkan bahwa *viable* dan *non-viable* BAL memiliki kemampuan yang sama.

Kemampuan BAL dan bifidobakteria dalam mereduksi aflatoksin berbeda tergantung jenis toksinnya, yakni AfB1 > AfB2 > AfG1 > AfG2 dan berkorelasi dengan penurunan polaritas toksin serta konsisten dengan interaksi hidrofobiknya. Dosis aplikasi kedua jenis bakteri tersebut minimum sebesar 2×10^9 CFU/ml untuk mendapatkan penurunan kadar aflatoksin yang signifikan (Kabak dan Dobson 2009). Salah satu penelitian *in vivo* reduksi aflatoksin pada saluran pencernaan oleh BAL (bakteri probiotik) melaporkan efek penurunan absorpsi/*uptake* AfB1 hingga 74% pada usus halus ayam dengan menggunakan *Lactobacillus rhamnosus* GG dalam waktu 60 menit (El-Nezami *et al.* 2000).

Tabel 10. Bakteri Asam Laktat (BAL) dan bifidobakteria yang Mampu Mengikat Aflatoksin B1(AfB1)

Jenis bakteri	Konsentrasi (CFU/ml) ^a	Konsentrasi AfB1 (µg/ml)	Jumlah AfB1 yang terikat (%)
<i>L. rhamnosus</i> GG	10^{10}	5	80,9 – 86,0
<i>L.rhamnosus</i> LC705	10^{10}	5	57,1 – 77,2
<i>L. acidophilus</i>	10^{10}	5	55,4
<i>L. acidophilus</i> NCC 12	10^8	1	37,0
<i>L. acidophilus</i> NCC 36	10^8	1	34,0
<i>L. acidophilus</i> E-94507	10^{10}	5	18,2
<i>L. gasseri</i>	10^{10}	5	48,4
<i>L. fermentum</i>	10^{10}	-	61,0

<i>L. plantarum</i>	10 ¹⁰	-	56,0
<i>L. plantarum</i> E-79098	10 ¹⁰	5	28,4
<i>L. johnsonii</i> LJ-1	10 ¹⁰	5	31,3
<i>L. casei</i> Shirota	10 ¹⁰	5	43,8
<i>L. delbrueckii</i> MK9	10 ¹⁰	5	17,3
<i>B. longum</i> B1 24	10 ⁸	1	31,0
<i>B. bifidum</i> Bb13	10 ⁸	1	46,5
<i>B. longum</i> CCCC 5304	10 ¹⁰	5	37,5
<i>B. lactis</i> CCCC 5094	10 ¹⁰	5	34,7

CFU = Colony Forming Unit, L: *Lactobacillus*, B: *Bifidobacterium*.

Sumber: Kabak dan Dobson (2009).

4. Khamir

Mekanisme lain penurunan kontaminasi aflatoksin pada bahan pangan atau pakan adalah melalui absorpsi senyawa toksin tersebut oleh komponen kimia penyusun sel mikrobial yang diaplikasikan. Senyawa glukomanan yang teresterifikasi yang terdapat pada dinding sel khamir *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kapasitas tinggi (97%) dalam menyerap aflatoksin dari media cair. Cara aplikasinya adalah dengan menambahkan 0,1% kultur *S. cerevisiae* ke dalam diet yang mengandung aflatoksin 2 mg/kg. Hal ini efektif meningkatkan bobot badan dan mengurangi efek patologi dan hemotologi toksin tersebut pada ayam broiler (Kabak dan Dorson 2009). Mannan-oligosakarida yakni senyawa kimia penyusun dinding sel *S. cerevisiae* yang diisolasi dari makanan fermentasi di Afrika, juga mampu mengikat 75% aflatoksin pada larutan buffer. Jenis khamir ini biasanya banyak digunakan pada proses fermentasi tape dan minuman beralkohol/bioetanol.

Saccharomyces cerevisiae prospektif digunakan untuk pengendalian aflatoksin pada kacang tanah. Hasil inokulasi biji kacang tanah varietas IAC Caiapó dengan suspensi *A.*

parasiticus ($1,0 \times 10^6$ sel/ml) dan *S. cerevisiae* ($3,2 \times 10^7$ sel/ml) yang diinkubasi pada suhu 25°C selama 7 dan 15 hari, masing-masing menunjukkan penurunan aflatoksin sebesar 14,6% dan 54,3%. Reduksi aflatoksin tersebut meningkat jika *S. cerevisiae* diaplikasikan 3 jam sebelum inokulasi *A. parasiticus* yakni menjadi 74,4% dan 55,9% (Prado *et al.* 2011). Urutan kemampuan *S. cerevisiae* dalam mereduksi aflatoksin adalah AfB1 > AfB2 > AfG1, dan aplikasinya dalam bentuk instan kering diamati paling efektif dibandingkan dengan bentuk aktif (kering) atau kompres (segar) (Jalili 2015).

Aplikasi *S. cerevisiae* dan *R. oligosporus* pada pakan ternak juga menunjukkan bahwa masing-masing mikrobial tersebut efektif menghambat pertumbuhan *A. flavus* hingga 60,7% dan 65,5% pada hari kelima dan lebih efektif daripada kombinasi keduanya (62,3%) (Tabel 11). *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan menghambat berkaitan dengan komponen kimia penyusun dinding selnya.

Tabel 11. Efektivitas Aplikasi *Saccharomyces cerevisiae* dan *Rhizopus oligosporus* dalam Menurunkan Aflatoksin B1

Perlakuan	Kadar aflatoksin B1 (mg/kg atau ppm)			
	pada hari ke-			
	0	5	10	15
Kontrol	0,0176	1,5828	3,8628	3,5607
Pakan ayam + Af + Sc	0,0174	0,6326 (60,7)	2,7472 (29,0)	2,5044 (29,8)
Pakan ayam + Af + Ro	0,0172	0,5727 (64,5)	2,7220 (29,7)	2,3244 (34,9)
Pakan ayam + Af + Sc + Ro	0,0168	0,6077 (62,3)	2,8388 (26,6)	2,7582 (22,6)

Af = *A. flavus*. Sc = *S. cerevisiae*. Ro = *R. oligosporus*. (...): angka dalam kurung adalah persentase penurunan aflatoksin.

Sumber: Kusumaningtyas *et al.* 2006

Tiga proses detoksifikasi yaitu proses fisik (perebusan atau pemanggangan), kimia (amonifikasi, perlakuan dengan *formaldehyde* atau *sodium bisulphite*), dan biologis (penggunaan mikroorganisme dalam fermentasi) di mana proses-proses tersebut merusak, memodifikasi, atau menyerap aflatoksin, dapat mengeleminir pengaruh racun. 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 prapanen dan pascapanen yang kurang memadai, maka upaya penghilangan melalui proses pengolahan tidak akan mampu mengurangi kadar aflatoksin tersebut sampai ambang batas yang aman untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, untuk mendukung pengembangan agroindustri kacang tanah, diperlukan pengendalian mutu melalui penanganan prapanen 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*) seperti yang disarankan oleh *Codex Alimentarius Commission* (CAC/RCP 51 2003 dalam Damardjati 2005).

METODE DETEKSI AFLATOKSIN

Untuk mencapai tujuan akhir yaitu mengetahui tingkat kontaminasi aflatoksin pada suatu produk maka diperlukan serangkaian kegiatan. Kegiatan diawali dengan pengambilan sampel, dilanjutkan dengan persiapan sampel, persiapan alat, pelaksanaan pengukuran atau analisis kandungan aflatoksin, dan interpretasi hasil pengukuran. Berhubung tingkat cemaran aflatoksin sangat beragam antar biji atau antar kemasan maka diperlukan metode khusus yang memungkinkan hasil pengukuran yang diperoleh dapat mewakili seluruh kemasan. Pada bab ini akan dibahas berturut-turut:

A. Pengambilan Sampel

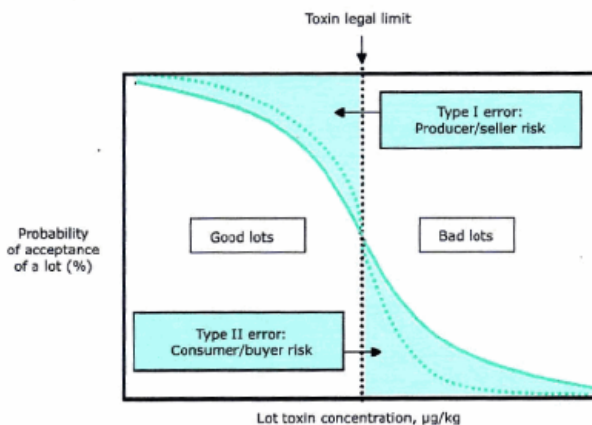
Pengambilan sampel (*sampling*) merupakan hal penting dalam penentuan kandungan aflatoksin pada kacang tanah di samping metode analisis yang digunakan (Köppen *et al.* 2010). Kesalahan (*error*) dalam pengambilan sampel biasanya lebih besar daripada kesalahan dalam preparasi dan analisis sampel sehingga ketidakpastian dari kandungan aflatoksin yang diuji cukup besar. Hal ini berkaitan dengan distribusi aflatoksin yang tidak merata (heterogen) pada biji/polong kacang tanah (Whitaker 2006, van Egmond *et al.* 2007, Cheli *et al.* 2009). Jumlah

biji yang tercemar aflatoksin dalam suatu lot/kemasan/tumpukan biasanya sangat rendah, namun tingkat cemaran per satuan biji dapat sangat tinggi. Jika sampel yang diambil untuk analisis kurang representatif, maka estimasi tingkat cemaran aflatoksin untuk lot tersebut menjadi kurang tepat (van Egmond *et al.* 2007). Variasi yang besar antar hasil analisis sampel menyebabkan kandungan aflatoksin yang sebenarnya dalam suatu lot tidak dapat ditentukan 100% hanya dari sampel yang diambil dari lot tersebut (Whitaker 2006). Untuk itu, diperlukan jumlah sampel yang memadai dalam menentukan suatu lot yang tercemar aflatoksin dapat diterima atau ditolak.

SNI 7385: 2009 tidak secara khusus menyebutkan prosedur *sampling* dan analisis aflatoksin pada berbagai komoditas pangan (BSN 2009). Namun metode yang digunakan di negara-negara lain dapat dijadikan pedoman untuk melakukan *sampling*. Sebagai contoh, di Amerika Serikat digunakan suatu seri rencana *sampling* (*sampling plan*) yang berbeda untuk masing-masing komoditas, seperti analisis aflatoksin untuk sampel jagung, kacang tanah, biji kapas, dan *hazel-nut*, sedangkan analisis fumonisin hanya dilakukan pada jagung. Whitaker (2006) mengembangkan metode yang disebut *operating characteristics curves* (*OC curve*) untuk masing-masing *sampling plan* tersebut. *OC curve* merupakan plotting antara konsentrasi toksin dalam suatu lot bahan atau komoditas dengan probabilitas untuk menerima atau menolak lot tersebut. Dengan demikian, *OC curve* dapat memberi gambaran risiko bila menerima sejumlah bahan (lot) yang tidak memenuhi persyaratan regulasi (risiko pembeli/*buyer's risk*) dan pada saat yang sama juga risiko bila lot tersebut ditolak (risiko penjual/*seller's risk*) seperti tampak pada Gambar 22. Kedua kondisi tersebut merepresentasikan kerugian penjual/produsen secara ekonomi dan risiko kesehatan bagi konsumen/pembeli.

Plotting pada *OC curve* dilakukan berdasarkan ambang batas toksin yang dapat diterima (*legal limit*). Oleh karena itu, penting untuk menaikkan *slope OC curve* dalam merancang suatu *sampling plan* guna memperkecil area risiko, baik bagi produsen maupun konsumen. Hal ini dapat dilakukan dengan menambah jumlah dan ukuran sampel serta jumlah ekstrak yang dianalisis.

Sampling plan terdiri atas tiga tahapan, yakni pengambilan sampel, preparasi, dan analisis sampel (Whitaker 2006) yang biasanya dirangkum dalam suatu prosedur (*protocol*). Tiap tahapan tersebut berkaitan erat dengan ketidakpastian pengukuran yang bersumber dari akurasi (*bias*) dan presisi (direfleksikan dengan standar deviasi dan koefisien variasi). Total variasi (TV) atau *total error* dari suatu prosedur sampling (*sampling protocol*) merupakan jumlah variasi (*error*) dalam pengambilan, preparasi, dan analisis sampel. Total variasi dan distribusi variasi dalam setiap tahapan prosedur tersebut menunjukkan efisiensi dan keefektifan suatu *sampling plan* dalam mencapai tujuan akhir.



Gambar 22. *OC Curve* yang Merepresentasikan Bagian Suatu Lot Bahan yang Dapat diterima dan Risiko bagi Penjual/Produsen dan Pembeli/Konsumen

Sumber: Cheli et al. 2009

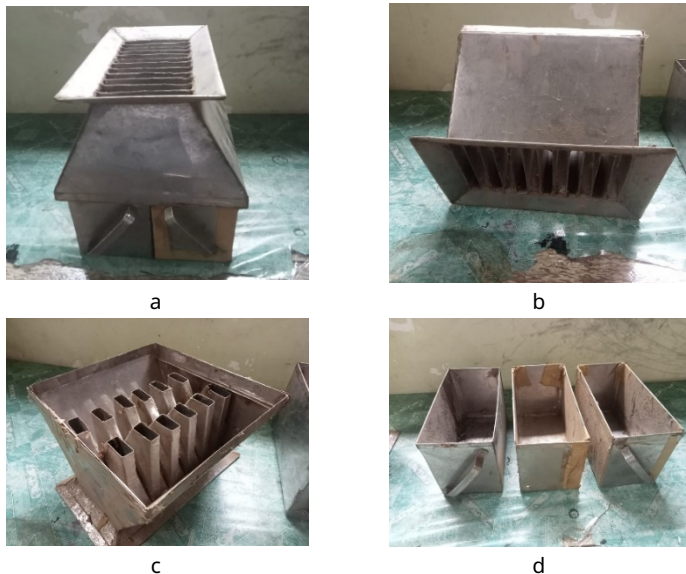
Untuk pengambilan sampel, semua unit/bagian dalam suatu lot biji/polong kacang tanah harus memiliki peluang yang sama (Cheli *et al.* 2009). Hal ini dapat dilakukan dengan cara acak (*random*) sehingga dapat mengurangi variasi antar sampel dan hasilnya dapat mewakili seluruh lot bahan. Jumlah sampel dan teknik pengambilan sampel secara fisik sangat penting diperhatikan. Sampel yang terlalu sedikit jumlahnya seringkali berkontribusi besar terhadap *total error* karena tingkat cemaran aflatoxin yang tidak merata (*spot contamination*) pada biji menyebabkan variasi yang besar dari satu lot kacang tanah yang sama. Untuk itu, *sampling plan* perlu mempertimbangkan bentuk/granula produk (*granulometry*), ukuran biji (jumlah biji per satuan bobot), bobot, dan jumlah sampel minimum yang diperlukan berdasarkan kajian spesifik untuk masing-masing biji/produk olahan kacang tanah.

Selain jumlah sampel, juga perlu diperhatikan cara pengambilan sampel agar tidak merugikan komoditas/produk itu sendiri secara ekonomis sekaligus menghemat tenaga dan waktu pengambilan sampel (Cheli *et al.* 2009). Sebagai contoh bahan impor yang berada dalam kemasan vakum atau dalam bentuk curah di dalam *container*, agar tidak menyebabkan kerusakan sekaligus praktis dalam pelaksanaannya. Bias yang lebih besar biasanya ditemukan pada pengambilan sampel secara statis (menggunakan *sampling probe*) daripada yang dinamis pada material bergerak. Demikian pula dengan alat *sampling* yang digunakan, seperti *probe* akan berpengaruh terhadap ukuran partikel, keseragaman distribusi sampel dan posisi *sampling* (*sampling point*), terutama untuk lot yang tidak merata/homogen (Whitaker 2006). Penggunaan *probe* yang berbeda dilaporkan berpengaruh terhadap koefisien variasi sampel, yakni semakin besar dengan semakin kecilnya jumlah/ukuran sampel yang diuji (Park *et al.* 2000). Tingkat

cemaran aflatoksin juga penting diperhatikan dalam pengambilan sampel karena koefisien variasinya berkorelasi positif dengan kandungan aflatoksin dalam lot dan/atau berkurangnya jumlah/ukuran sampel (Whitaker 2006).

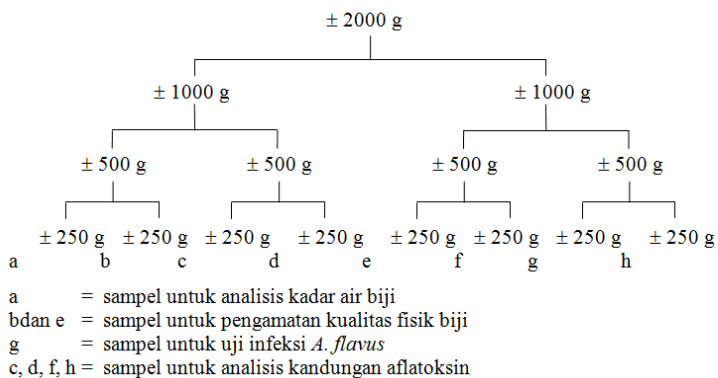
Pengambilan sampel polong, biji, dan produk kacang tanah untuk analisis aflatoksin yang dilakukan oleh Dharmaputra *et al.* (2005), Rahmianna *et al.* (2007), dan Dharmaputra *et al.* (2013) pada kegiatan survei di lapangan, relatif sederhana dan mudah untuk diterapkan. Untuk biji kacang tanah serta produk yang masih berbentuk biji utuh seperti kacang sanghai, kacang atom (*flour-coated peanut*) masing-masing sampel diambil secara acak sampai diperoleh bobot sekitar 2 kg dan 1 kg. Sampel dicampur merata agar homogen dan selanjutnya dibagi tiga kali dengan *sample divider* (Gambar 23) sampai diperoleh bobot 250 g untuk sampel berbentuk biji (Gambar 24) serta 125 g untuk produk makanan berbentuk biji (Gambar 25) sebagai bahan analisis fisik dan aflatoksin.

Sementara untuk produk olahan kacang tanah pelengkap pecel, gado-gado, sate, dan siomay, sampel acak diambil dari lima porsi yang masing-masing bobotnya 75 g, 60 g, dan 50 g. Sedangkan untuk produk olahan kacang tanah, sampel dicampur homogen kemudian dibagi dua. Satu bagian untuk bahan analisis aflatoksin dan satu bagian lagi untuk arsip sampel. Bahan untuk analisis aflatoksin selanjutnya digiling lalu ditimbang bobot sampel sesuai dengan metode yang digunakan.

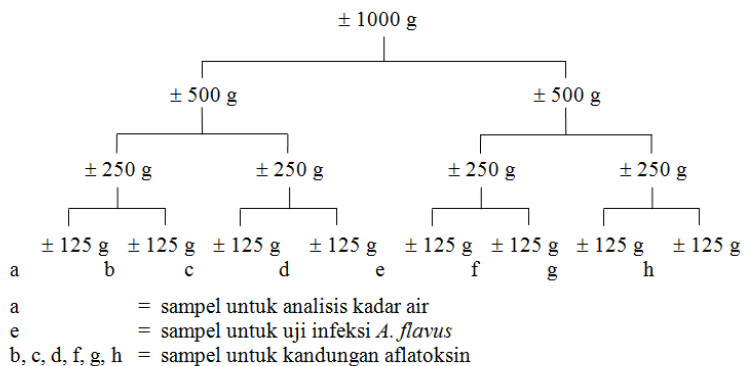


Gambar 23. *Seed Divider* Sederhana (a), Bagian Atas Terdiri dari Kisi-kisi untuk Membagi Sampel Biji (b, c), Bagian Bawah adalah Wadah Biji setelah Melewati Kisi-kisi Pembagi (d)

Salah satu negara Asia yang telah menetapkan regulasi untuk ekspor kacang tanah dan produknya melalui pengendalian aflatoksin adalah India, terutama untuk memenuhi ambang batas yang ditetapkan oleh Uni Eropa (APEDA 2013). Prosedur pengambilan sampel untuk analisis kandungan aflatoksin sangat rinci untuk masing-masing volume ekspor dan jenis produk kacang tanah. Sebagai contoh untuk biji kacang tanah, bobot untuk satu contoh kerja (*working/incremental sample*) ditetapkan 200 g. Jumlah (n) dari contoh kerja sangat tergantung dari besarnya/volume lot bahan. Untuk lot bahan yang volumenya 500 ton, diambil sampel primer (*stock sample/sublot*) dengan bobot 100 ton. Dari sampel primer tersebut diambil 100 contoh kerja @ 200 g sehingga total bobot contoh kerja menjadi 20 kg (Tabel 12).



Gambar 24. Prosedur Pembagian Sampel Biji Kacang Tanah untuk Memperoleh *Working Sample* untuk Beragam Pengamatan



Gambar 25. Prosedur Pembagian Sampel Produk Kacang Tanah yang Masih Berbentuk Biji untuk Memperoleh *Working Sample* untuk Beragam Pengamatan

Tabel 12. Pengambilan Sampel untuk Analisis Aflatoksin pada Kacang Tanah di India untuk Tujuan Ekspor

Bobot lot biji kacang tanah (ton)	Bobot atau jumlah sublot	Jumlah (n) contoh kerja	Total bobot contoh kerja (kg)	Jumlah (n) laboratorium
>500	100 ton	100	20	2
>125–≤500	5 sublot	100	20	2
>15–≤125	25 ton	100	20	2
>10,0–≤15,0	---	100	20	2
>5,0–≤10,0	---	80	16	2
>2,0–≤5,0	---	60	12	2
>1,0–≤2,0	---	40	8–<12	1
>0,5–≤1,0	---	30	6	1
>0,2–≤0,5	---	20	4	1
>0,1–≤0,2	---	15	3	1
≤0,1	---	10	2	1

Sumber: APEDA (2013).

Contoh kerja ini selanjutnya dicampur merata dan dibagi dua dengan *sample divider* (@ 10 kg) lalu dikirim ke dua laboratorium untuk dianalisis. Sementara untuk lot kacang tanah yang bobotnya ≤15 ton, jumlah sampel yang diperlukan lebih sedikit dan analisis cukup dilakukan di satu laboratorium saja bila bobot lot bahan ≤2 ton (Tabel 12). Penggilingan sampel dilakukan dengan cara basah (*slurry/wet grinding*) dan analisis aflatoksin menggunakan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) dengan detektor *immunoassay fluorescent*.

B. Preparasi Sampel

Langkah berikutnya adalah preparasi sampel untuk bahan analisis aflatoksin. Sampel harus tercampur homogen untuk selanjutnya digiling. Semakin tinggi tingkat kehalusan sampel, distribusi partikelnya semakin seragam sehingga variasi

antarsampel dapat diminimalisir. Hal ini terutama penting diperhatikan dalam preparasi produk olahan kacang tanah yang merupakan campuran dari beberapa bahan yang berbeda ukuran partikel dan tingkat kekerasannya. Teknik penggilingan kering juga kurang sesuai untuk sampel yang kandungan minyaknya tinggi karena mudah membentuk gumpalan. Untuk itu disarankan penggilingan basah (*slurry mixing*) yang menggunakan air sebagai media pencampur untuk mendapatkan ukuran partikel sampel yang lebih halus dan homogen (Spanjer *et al.* 2006).

C. Analisis Sampel

Analisis sampel biasanya memberikan kontribusi terkecil terhadap total variasi *sampling*. Variasi dalam analisis sampel meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan aflatoksin dan/atau semakin kecilnya jumlah ekstrak sampel yang dianalisis (Cheli *et al.* 2009). Untuk memperkecil variasi tersebut, diperlukan jumlah ulangan yang memadai untuk setiap sampel uji. Selain itu, metode analisis yang mencakup tahapan dan tingkat kerumitan prosedurnya serta teknologi atau peralatan yang digunakan dapat berdampak pada variasi hasil analisis walaupun sampel yang digunakan sama (Whitaker 2006).

Sejumlah metode baku untuk analisis aflatoksin pada berbagai komoditas pangan dan pakan telah ditetapkan oleh AOAC dan distandardisasi oleh the *European Standardization Committee* (CEN) (van Egmond *et al.* 2007, Cheli *et al.* 2009). HPLC, ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), TLC (Thin Layer Chromatography), GC (Gas Chromatography) dan Fluorometri merupakan metode analisis aflatoksin yang dianggap relevan (Cheli *et al.* 2009, Köppen *et al.* 2010). Hasil analisis dengan metode HPLC dilaporkan memiliki variasi lebih kecil dibanding-kan dengan metode TLC dan ELISA (Whitaker *et*

al. 1996 dalam Cheli *et al.* 2009, Whitaker 2006). Namun demikian, pemilihan metode sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan analisis sampel (kecepatan, kuantitatif/semi kuantitatif, ketersediaan biaya, jumlah sampel dan fasilitas laboratorium). Sejauh ini, HPLC merupakan metode analisis yang paling banyak atau sering digunakan untuk keperluan regulasi, diikuti TLC, ELISA, Fluorometri, GC, GC/MS (Gas Chromatography and Mass Spectroscopy), dan minicoloum (van Egmond *et al.* 2007). Disarankan untuk tetap melakukan validasi pada setiap metode analisis yang digunakan untuk memberi jaminan ketepatan hasil uji, diantaranya dengan uji banding atau uji profisiensi atau menggunakan *Certified Reference Material* (CRM) yang dihasilkan oleh *The Institute for Reference Materials and Measurements* (van Egmond *et al.* 2007, Cheli *et al.* 2009).

STANDAR MUTU KOMODITAS KACANG TANAH

A. Mutu Fisik Polong dan Biji

Di Indonesia, semua bahan pangan yang diperdagangkan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Dewan Standardisasi Nasional (DSN). Standar mutu fisik untuk kacang tanah yang diperdagangkan dalam bentuk polong (gelondong) maupun ose (biji) telah ditetapkan. Terdapat tiga kategori mutu, yakni mutu I, II, dan III yang masing-masing kriteria dan persyaratan khususnya disajikan pada Tabel 13 dan 14. Sedangkan persyaratan yang berlaku umum untuk ketiga kategori mutu tersebut adalah bebas hama dan penyakit (kutu, ulat, telur dan kepompong hama, dan *mycelia* atau spora cendawan), bebas bau busuk, asam, apek dan bau asing lainnya, bebas dari bahan kimia (insektisida dan fungisida) yang semuanya dilakukan secara organoleptik (penglihatan, penciuman) dan suhu normal (dengan termometer).

Tabel 13. 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

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan mutu		
			I	II	III
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: DSN 1995

Keterangan:

- Kadar air : jumlah air yang dikandung biji kacang tanah yang dinyatakan dalam persentase bobot basah. Pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan “moisture tester” yang telah dikalibrasi, distilasi dengan toluene (AOAC 9254), atau metode oven. Untuk kadar air kacang tanah polong, yang diukur adalah kadar air biji setelah polong dikupas
- Kotoran : benda-benda asing seperti kerikil, pasir, tanah, potongan/sisa batang, daun, kulit polong, dan biji-bijian lain yang bukan kacang tanah, serta kotoran lainnya
- Polong keriput : polong kacang tanah yang berubah bentuknya dan menjadi keriput (polong muda dan/atau yang tidak sempurna pertumbuhannya)
- Polong rusak : polong kacang tanah yang kulitnya rusak/pecah, terserang hama, dan terserang penyakit/berjamur
- Polong berbiji satu : polong yang berisi satu biji kacang tanah

Rendemen : hasil persentase bobot biji kacang tanah keseluruhan yang diperoleh dari hasil pengupasan kacang tanah polong

Tabel 14. 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 (maksimum)	%	0	2	3
5.	Kotoran (maksimum)	%	0	0,5	3
6.	Diameter (maksimum)	mm	8	7	6

Sumber: DSN 1995

Keterangan:

- Kadar air : jumlah air yang dikandung biji kacang tanah yang dinyatakan dalam persentase bobot basah. Pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan “moisture tester” yang telah dikalibrasi, distilasi dengan toluene (AOAC 9254), atau metode oven.
- Butir rusak : biji kacang tanah yang berlubang bekas serangan hama, pecah/luka karena mekanis, biologis, fisik dan enzimatik, seperti berkecambah, busuk, berbau, berubah warna dan bentuk.
- Butir belah : biji kacang tanah yang kulit ari bijinya terlepas dan keping-keping bijinya terlepas atau tergeser.

- Butir warna : biji kacang tanah yang berwarna selain dari lain warna aslinya, disebabkan perbedaan varietas.
- Butir keriput : biji kacang tanah yang berubah bentuknya menjadi keriput, termasuk biji muda atau yang tidak sempurna pertumbuhannya.
- Kotoran : benda-benda asing seperti kerikil, pasir, tanah, potongan/sisa batang, daun, kulit polong, dan biji-bijian lain yang bukan kacang tanah, serta kotoran lainnya
- Diameter biji : ukuran garis tengah terpendek dari biji kacang tanah, diukur dengan Dial Caliper atau jangka sorong.

Standar mutu yang tertuang dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 1995 terutama mengatur mutu fisik polong dan biji kacang tanah (Tabel 13 dan 14). 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.

B. Mutu Kimia Kacang Tanah

Selain mutu fisik kacang tanah (Tabel 13 dan 14), aspek keamanan pangan yakni batasan kadar AFB1 juga perlu diperhatikan karena telah menjadi isu global, terlebih dengan diberlakukannya *bio-terrorism act* di tingkat internasional. Hal ini karena besarnya efek negatif AFB1 secara langsung terhadap manusia dan ternak. Banyak negara telah menetapkan ambang batas maksimum cemaran aflatoksin pada makanan (Tabel 15 dan 16). Setidaknya tercatat 76 negara yang telah menetapkan ambang batas cemaran aflatoksin total dalam makanan sebesar 0–35 µg/kg (FAO 2003). Peraturan mengenai ambang batas maksimum cemaran aflatoksin total dalam makanan yang

bervariasi antarnegara mengindikasikan adanya perbedaan toleransi cemaran yang diperbolehkan untuk dikonsumsi. Sebagai contoh Amerika Serikat menetapkan ambang maksimum sebesar 20 µg/kg untuk makanan, 0,5 µg/kg untuk susu, dan 300 µg/kg untuk jagung dan biji kapas sebagai pakan (Klich 2007). Negara-negara Australia, Belanda, Jepang, Denmark, dan Inggris telah menetapkan ambang batas aflatoxin untuk kacang tanah dan produk olahannya dengan batasan 0-20 µg/kg (Goto 1990). Codex Alimentarius Commission FAO menetapkan batasan µg/kg untuk total aflatoxin (B1, B2, G1, and G2) pada biji kacang tanah yang diproses lebih lanjut. Negara-negara anggota Uni Eropa sangat ketat menerapkan batasan yaitu 4 µg/kg untuk total aflatoxin dan 2 µg/kg AfB1 untuk kacang tanah yang siap dikonsumsi (Murphy *et al.* 2006).

Tabel 15. Kisaran Cemaran Aflatoksin pada Bahan Pangan dan Jumlah Negara yang Telah Menetapkan Regulasinya

Kategori	Kisaran cemaran aflatoksin (µg/kg)	Jumlah negara
Aflatoksin B1 pada makanan	0–30	33
Total aflatoksin pada makanan (B1+B2+G1+G2)	0–50	48
Aflatoksin B1 pada makanan bayi	0–5	5
Aflatoksin M1 pada susu	0–1	17
Aflatoksin B1 pada pakan	5–1000	19
Total aflatoksin pada makanan (B1+B2+G1+G2)	0–1000	21

Sumber: Dohlmann 2003

Tabel 16. Batas Maksimum Aflatoksin pada Beberapa Komoditas dan Produk Pertanian yang Berlaku di Amerika Serikat dan Uni Eropa

Negara	Produk	Batas maksimum total aflatoksin (AfB1) ($\mu\text{g/kg}$)
Amerika Serikat	Kacang tanah polong (standar industri)	15 (0)
	Olahan kacang tanah, jagung, dan biji-bijian lain untuk anak hewan (termasuk unggas), termasuk hewan menyusui atau penggunaan lainnya	20 (0)
	Pakan ternak, biji selain jagung dan kapas	20 (0)
	Jagung dan biji-bijian lain untuk pakan sapi potong, peternakan babi, dan unggas dewasa	100 (0)
	Jagung dan biji-bijian lain untuk penggemukan babi	200 (0)
	Jagung dan biji-bijian lain untuk sapi potong, biji kapas untuk binatang ternak, babi, dan unggas	300 (0)
	Kacang tanah, kacang-kacangan, buah kering, dan produk olahan yang dikonsumsi langsung	4 (2)
Uni Eropa	Kacang tanah yang terkena perlakuan fisik sebelum dikonsumsi manusia atau sebagai komposisi dalam makanan	15 (8)
	Kacang-kacangan dan buah kering yang terkena perlakuan fisik	10 (5)

Negara	Produk	Batas maksimum total aflatoksin (AfB1) (µg/kg)
Codex Alimentarius (FAO)	sebelum dikonsumsi manusia atau sebagai komposisi dalam makanan	
	Sereal atau produk olahan lainnya untuk konsumsi langsung atau sebagai komposisi dalam makanan	4 (2)
	Pakan dan bahan pelengkap pakan kecuali:	0/(50)
	Bahan pakan dari kacang tanah, kopra, biji kelapa sawit, biji kapas, jagung, dan produk olahan	0/(20)
	Bahan pelengkap pakan untuk ternak menyusui	0/(5)
	Bahan pelengkap pakan untuk babi dan unggas (kecuali binatang muda)	0/(20)
	Bahan pelengkap pakan yang lain	0/(10)
Codex Alimentarius (FAO)	Kacang tanah yang akan diproses lebih lanjut	15(0)

Ket: (...) angka dalam kurung menyatakan kandungan AfB1.

Sumber: Dohlmann 2003.

Di Indonesia, Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM) telah menetapkan secara khusus batas maksimum AfB1 dalam produk pangan melalui SK No. HK.00.01.1.4057 pada tahun 2004 (Tabel 17). Batas maksimum cemaran AfB1 dan aflatoksin total pada beragam produk kacang tanah masing-masing sebesar 20 µg/kg dan 35 µg/kg. Pada tahun 2009,

ditetapkan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui SNI 7385 tahun 2009. Pada peraturan tersebut, batas atas cemaran AfB1 diperbaiki menjadi maksimum 15 µg/kg dan 20 µg/kg untuk total aflatoksin pada produk olahan kacang tanah (Tabel 18). Sedangkan pada tahun 2018, Badan POM menetapkan batas maksimum cemaran kimia dalam pangan olahan, termasuk cemaran aflatoksin yang tertuang pada Surat Keputusan No. 8 tahun 2018 (Tabel 19).

Tabel 17. Batas atas Kandungan Aflatoksin pada Beragam Produk Pangan

No	Jenis Pangan	Batas Aflatoksin		
		Jenis	µg/kg	Total
1	Produk susu (75 macam produk)	M1	0,5	
2.	Lemak, minyak, dan emulsi minyak (2 macam minyak)			
2.1	Minyak kacang tanah	B1	20	35
3.	Buah-buahan dan sayuran (termasuk jamur, umbi, kacang-kacangan, dan lidah buaya), rumput laut, bij-bijian			
3.1	Mentega kacang (<i>peanut butter</i>)	B1	20	35
3.2	Bumbu kacang	B1	20	35
3.3	Rempeyek kacang tanah	B1	20	35
3.4	Sukro	B1	20	35
3.5	Kacang atom	B1	20	35
4.	Sereal dan produk sereal (termasuk tepung dan pati dari akar ² an dan umbi ² an), kacang ² an dan polong ² an			
4.1	Kacang tanah kupas kulit	B1	20	35
4.2	Kacang tanah biasa	B1	20	35

No	Jenis Pangan	Batas Aflatoksin		
		Jenis	µg/kg	Total
4.3	Biji jagung	B1	20	35
5.	Makanan untuk penggunaan khusus (14 macam produk berbasis susu untuk bayi dan makanan untuk ibu hamil/menyusui)	M1	0,5	35 (4 produk)
6.	Minuman selain produk berbasis susu			
	Susu kacang tanah	B1	20	35
7.	Makanan ringan siap makan			
	Popcorn	B1	20	35
	Tingting	B1	20	35

Sumber: SK Badan POM No. HK.00.05.1.40157 tahun 2004

Tabel 18. Batas atas Kandungan Aflatoksin dalam Makanan

No.	Jenis bahan pangan	Jenis Aflatoksin	(µg/kg atau ppb)	Aflatoksin Total
1	Susu dan minuman berbasis susu	M1	0,5	
2	Susu fermentasi dan produk susu hasil hidrolisa enzim rennin (plain)	M1	0,5	
3	Susu kental dan analognya	M1	0,5	
4	Krim (plain) dan sejenisnya	M1	0,5	
5	Susu bubuk dan krim bubuk dan bubuk analog (plain)	M1	5	
6	Keju dan keju analog	M1	0,5	
7	Makanan pencuci mulut berbahan dasar susu (misalnya pudding, yogurt)	M1	0,5	

No.	Jenis bahan pangan	Jenis Aflatoksin	(µg/kg atau ppb)	Aflatoksin Total
	berperisa atau yogurt dengan buah)			
8	Whey dan produk whey, kecuali keju whey	M1	0,5	
9	Kacang tanah dan produk olahan	B1	15	20
10	Jagung dan produk olahan	B1	15	20
11	Rempah-rempah bubuk	B1	15	20

Sumber: BSN 2009.

Tabel 19. Batas atas Kandungan Aflatoksin pada Pangan Olahan

No.	Jenis pangan	Jenis aflatoksin	(µg/kg)	Total
1	Produk olahan kacang tanah	B1	15	20
2	Rempah ² dalam bentuk utuh atau bubuk	B1	15	20
3	Makanan pendamping ASI berbasis sereal dan pangan untuk kebutuhan medis khusus untuk bayi dan anak	B1	0,5	
4	Produk olahan jagung	B1	15	20
5	Produk olahan kacang-kacangan selain kacang tanah			
	Sebagai bahan baku	B1	-	20
	Dalam bentuk produk siap konsumsi	B1	-	10
8	Susu dan produk olahan	M1	0,5	

No.	Jenis pangan	Jenis aflatoksin	(µg/kg)	Total
	Formula bayi, pangan untuk ibu hamil dan ibu menyusui berbasis susu	M1	0,03	

Sumber: SK Badan POM No 8 tahun 2018

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

C. Mutu Kacang Tanah Menurut Standar Industri

Selain standar mutu berdasar cemaran aflatoksin, beberapa industri pengolahan juga menetapkan persyaratan khusus yang diperlukan untuk pengolahan produk kacang tanah tertentu. Sebagai contoh, industri olahan kacang tanah di Pati Jawa Tengah memiliki kriteria tertentu untuk pengolahan kacang garing (kacang polong dioven), yakni masak optimal (umur panen 85–110 hari); berbiji dua atau tiga; kenampakan polong harus sehat, tidak busuk, bersih dan segar; kulit polong tidak pecah; bentuk fisik bagus (polong lurus) dan tangkai polong harus dibuang. Selain itu, polong juga harus bernas, bentuk biji bulat lonjong dan warna kulit ari merah muda (*rose*) (Kacang Garuda Grup 2005). Umumnya hampir semua varietas kacang tanah dapat diterima, kecuali varietas Kelinci, Panther, dan Singa karena bijinya pipih dan varietas Kidang karena kulit ari bijinya berwarna merah tua. Industri pengolahan tersebut juga tidak menerima pasokan kacang tanah polong yang telah dipanen lebih dari 48 jam karena adanya risiko tercemar aflatoksin.

Untuk keperluan pengolahan kacang telur, kacang atom dan kacang madu (*coated peanuts*), industri olahan menerima pasokan bahan baku dalam bentuk polong kering dan biji kering

(*ose*) dengan kriteria biji kecil dan berukuran seragam. Sedang untuk produk olahan lainnya seperti rempeyek, pengrajin lebih menyukai biji yang ukurannya kecil dan boleh tidak seragam. Sedangkan untuk selai kacang, bumbu pecel, permen kacang, kriteria yang dikehendaki ukuran biji sedang sampai besar, utuh dan warna cerah (Susilo 2003).

Industri pengolahan kacang tanah lainnya, juga memiliki standar mutu yang hampir mirip. Sebagai contoh, untuk bahan baku polong segar disyaratkan polong harus segar dan bersih, bebas penyakit, berukuran besar dan berbentuk bagus, isi biji penuh, tingkat kematangan merata, dan rasa manis/gurih. Persyaratan untuk biji kering (*ose*) adalah segar, tidak busuk atau berjamur, ukuran biji OB (500 buah/ons dan 7 mm atau 350 biji/ons), ukuran seragam, tidak belah, kulit ari tidak terkelupas, dan kadar air 5-7% (PT Dwi Kelinci 2005). Penentuan mutu dan harga untuk kacang tanah dalam bentuk polong segar biasanya dilakukan berdasarkan persentase atau jumlah polong tua dan muda. Sedang untuk kacang *ose* harga meningkat dengan meningkatnya ukuran biji (jumlah biji per satuan berat).

D. Penerapan Standar Mutu Kacang Tanah

Agar dapat bersaing di pasaran dan aman dikonsumsi, bahan baku kacang tanah dan produk olahannya harus memenuhi standar mutu baik yang ditetapkan secara lokal (industri), nasional, maupun internasional (untuk keperluan ekspor). Codex Alimentarius Commission telah menetapkan pedoman praktis untuk pengendalian aflatoksin pada kacang tanah (CAC/RCP55-2004) (Anukul *et al.* 2013) 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, pennebas, pedagang, sampai industri pengolahan. Peningkatan kepedulian terhadap bahaya aflatoksin melalui sosialisasi dan penyuluhan, penerapan regulasi ambang batas total aflatoksin (20 µg/kg) 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 (Ginting dan Beti 1996). 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/pennebas/pedagang pengumpul terdorong untuk menangani hasil panennya dengan baik guna mendapatkan harga jual yang tinggi.

Metode pengambilan sampel, preparasi dan analisis sampel perlu terus diperbaiki dan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan mengikuti perkembangan internasional. Demikian pula kebijakan penetapan ambang batas maksimum aflatoksin dan penerapannya secara nyata di lapangan perlu terus didorong untuk meningkatkan kualitas produk olahan kacang tanah dan keamanannya untuk dikonsumsi.

PENUTUP

Di Indonesia, kacang tanah telah dikenal secara luas sebagai salah satu komoditas pangan utama. Peran kacang tanah sangat nyata dalam menu atau ragam makanan sehari-hari, baik sebagai pelengkap menu utama maupun sebagai camilan atau jajanan. Di sisi lain, potensi bahayanya terhadap kesehatan konsumen juga sangat tinggi. Hal ini karena adanya kandungan aflatoksin di dalam biji, yang merupakan salah satu faktor pencetus kanker hati, *chirrosis*, atau gangguan kesehatan yang lain. Selain itu, aflatoksin juga menimbulkan kerugian ekonomi, antara lain kerugian akibat ditolaknya ekspor produk berbahan baku kacang tanah karena terdeteksi adanya cemaran aflatoksin, besarnya bantuan pemerintah untuk biaya pengobatan kanker, dan biaya untuk pencegahan stunting (gangguan tumbuh kembang) pada anak-anak.

Ternyata, kacang tanah baik dalam bentuk biji maupun aneka produk makanan yang tersedia di pasaran tercemar aflatoksin dalam beragam tingkat. Beragam cara pengolahan kacang tanah menjadi aneka produk telah mengurangi tingkat kontaminasi aflatoksin, meski tidak dapat menghilangkan cemaran. Hal ini terutama karena sifat kimia aflatoksin yang tidak dapat terurai pada suhu yang dipakai dalam proses olahan. Selain proses pengolahan, pengelolaan prapanen dan pascapanen untuk menurunkan tingkat kontaminasi juga telah diteliti oleh para ilmuwan di banyak negara. Ternyata pengendalian cemaran aflatoksin pada kacang tanah perlu dilakukan

mulai dari sebelum tanam, selama pertanaman hidup di lapang, saat panen, cara panen, prosesing pascapanen primer yang terdiri atas pengeringan polong, sortasi kualitas fisik polong, dilanjutkan dengan penyimpanan. Pada fase pascapanen ini, semua proses harus difokuskan untuk menjaga agar biji tetap berkadar air rendah, yaitu kurang dari 8%.

Pada akhirnya, pengendalian aflatoksin dengan hanya menggunakan satu cara pengelolaan tidak cukup untuk mengatasi cemaran aflatoksin. Namun pengelolaan terpadu mulai dari lapang hingga pengolahan pangan atau pakan sangat penting untuk menurunkan cemaran aflatoksin. Pengendalian kontaminasi aflatoksin harus melibatkan seluruh *stakeholders*: mulai dari petani sebagai produsen, penebas, pedagang, sampai industri pengolahan. Peningkatan kepedulian terhadap bahaya aflatoksin melalui sosialisasi dan penyuluhan, penerapan secara ketat regulasi ambang batas aflatoksin (15 dan 20 µg/kg untuk aflatoksin B1 dan aflatoksin total), dan kebijakan yang memberi insentif harga jual untuk polong atau 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.

INDEKS BUKU

A

<i>A. numius</i>	16
<i>A. parasiticus</i>	16, 17, 51, 52, 53, 59, 101
absorpsi	57, 58
Aflatoksikosis.....	17, 20
aflatoksin	
AfB1, AfB2, AfG1, AfG2 i, ii, iii, iv, 6, 7, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 97, 103, 104, 107, 109, 113, 114, 115	
ambang batas cemaran aflatoksin.....	74
Amoniasi	50
Andes	1
antioksidan	3, 12, 13, 14
arginin	iii, 11, 13
Arginine.....	13
asam amino.....	11, 13
asam asetat	50
<i>Aspergillus flavusi</i> , 16, 18, 25, 27, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113	

B

Badan POM.....	77, 79, 81
----------------	------------

bakteri	40, 51, 55, 56, 57
Bakteri	56
BAL.....	56, 57
bawang putih	24, 50
biji bernas	32, 43
biji keriput.....	43
biji luka	34, 45
biji muda	34, 74
Biji rusak	33
bioaktif	iii, 11, 13, 119
biobriket.....	4, 107
biologis.....	51, 60, 73
biopestisida	52
biru	18, 26
budidaya	25, 38
Budidaya	108
Butir belah	73
Butir keriput	74
Butir rusak	73
C	
<i>cirrhosis</i>	18
Codex Alimentarius Comission	82
<i>Codex Alimentarius Commission</i>	60
D	
daun kacang tanah.....	4
degradasi.....	56

Detoksifikasi	56
diabetes	iii, 12
Diameter biji	74
diperam	29
<i>drought stress</i>	42, 97, 99
E	
ekonomi	17, 20, 62, 84
Ekonomi	19, 109
ELISA	69
enzimatis	56, 73
F	
fenolik	iii, 3
fermentasi	50, 55, 58, 60, 79
Fermentasi	49
flavonoid	13, 14, 15, 96, 104
Flavonoid	14
fortifikasi	11
fumigasi	50
G	
garam	24, 48, 50
gelondong	71
generatif	7, 27, 28, 33, 42, 43, 109
<i>geocarphosphere</i>	27, 99
glukomanan	58
gula tereduksi	12

H

hati.....	i, iii, 13, 18, 19, 20, 84, 110
heterogen	61
hidrolis	48
hifa.....	33, 43
hijau.....	4, 10, 15, 18, 119
HPLC	68, 69

I

<i>immature</i>	7, 33
impor	4, 64
Impor.....	109
indeks glikemik	12
<i>indeterminate</i>	28
Indonesiai, 1, 4, 5, 6, 9, 18, 19, 71, 74, 77, 81, 84, 99, 100, 103, 106, 108, 109, 111	
infeksi cendawan	27, 32, 34, 38, 39, 42, 43, 45
Infeksi cendawan.....	27
infeksi prapanen	25
Infeksi prapanen.....	27
iradiasi.....	50

K

kacang garing	24, 48, 81, 97
Kacang garing	23, 48
kacang telur.....	81
Kacang telur	23
kadar air.....	21, 28, 30, 32, 35, 38, 42, 45, 46, 72, 73, 74, 82, 110

Kadar air	71, 72, 73
kadar gula darah	12
kandungan gizi	8
kanker hati.....	18, 19, 20
kapur	43, 48, 50
karbohidrat.....	8, 12
Karbohidrat	9, 11
karsinogenik.....	17, 18
karung goni	46
keamanan pangan.....	ii, 20, 74
kebernasan biji.....	7
kedap udara	36, 46
Kekeringan	7, 32
kelembaban tanah.....	27
kelembaban udara	28
kerusakan hati	18
khamir	51, 58
Khamir.....	58
klorin	49
Kompetisi.....	51, 116
konsumsi	iii, 5, 20, 25, 36, 77, 80
Konsumsi	110
kontaminasi, iv, 6, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 58, 61, 84, 85, 104, 107, 109, 114	
Kontaminasi	20, 21, 32, 39

kotoran.....	72, 74
Kotoran	71, 72, 73, 74
kriteria.....	24, 43, 71, 81, 82
Kulit ari biji.....	3
kulit polong	3, 13, 14, 30, 33, 34, 43, 72, 74, 81

L

lahan kering	6
lahan sawah	6
lemak.....	iii, 8, 10, 12, 48, 50
Lemak.....	8, 9, 10, 78
lemak tidak jenuh	iii, 8, 10, 12
lengas tanah.....	25, 28, 42, 109
linoleat	10, 43
lot.....	62, 64, 66, 68

M

makanan fungsional	3
malnutrisi.....	8
media ekstrak kelapa	26
mengendap	18
metabolit sekunder	14, 16, 26
<i>microwave</i>	48, 49, 102, 106
mikroba pesaing	28
mineral utama.....	12
musim hujan	6, 21, 29, 34, 45
musim kemarau.....	6, 21, 42
Mutu Fisik Biji	73

Mutu Fisik Polong	71
Mutu kimia.....	74
O	
OB	82
OC curves.....	62
<i>oncom</i>	5, 19, 50
Oncom.....	24, 49
organoleptik	71
ose	4, 5, 71, 82
P	
palmitic	10
panen awal	43
pangan fungsional	12, 13, 111, 119
pascapanen	5, 6, 25, 30, 38, 39, 44, 51, 60, 82, 84, 109, 119
Pascapanen	44
pasokan.....	24, 30, 81
peanut butter	14, 23, 48, 78
peka	28
penebas	21, 23, 35, 83, 85
penentuan harga.....	37
pengecer.....	3, 21, 23, 24
pengerasan hati.....	18
pengeringan.....	22, 25, 29, 30, 34, 48, 85
Pengeringan.....	45
pengumpul	21, 23, 24, 35, 83, 85
penyimpanan	22, 25, 30, 35, 36, 46, 50, 51, 53, 54, 85, 104

Penyimpanan	36, 46
perontokan	34, 44
Perontokan	44
phenolic	13, 96, 97, 113
<i>phytoalexin</i>	28, 32, 98, 99, 101, 112
phytosterol	13, 14
Phytosterol	14
plastik PE.....	46
plastik PP	46
polifenol	3
Polong berbiji satu	72
Polong keriput.....	72
polong rusak	27, 44
Polong rusak	72
prapanen	6, 25, 27, 32, 38, 39, 51, 54, 60, 84, 114
Prapanen	39
Preparasi sampel	68
Produksi aflatoksin	30
Profil lemak	10
<i>proline</i>	32
Proses fisik.....	49
Proses kimia	50
prosesor	23, 37
Prosesor	24
Protein.....	9, 10, 11

PUFAs	10
-------------	----

R

ragam produk	5
Rendemen	72, 73
resveratrol	13, 113
Resveratrol	13, 110
Rhizopus oligosporus.....	19, 54, 105

S

<i>sample divider</i>	65, 68
<i>sampling</i>	61, 62, 63, 64, 69
Sampling.....	63, 98, 112
<i>sampling plan</i>	62, 63, 64
Sampling plan	63
sensoris.....	50, 119
sifat resistensi	36
SNI	62, 72, 73, 74, 98, 102, 111
sortasi.....	39, 48, 85
Sortasi	44, 47
sporulasi	43
stabil.....	13, 48
stabilitas oksidatifnya	11
<i>stakeholder</i>	ii, 37
standar mutu	i, iv, 6, 74, 81, 82, 83, 85
Standar mutu	71, 74
suhu.....	iii, 25, 27, 28, 30, 32, 33, 38, 42, 46, 49, 55, 56, 59, 71, 84
Suhu	32

T

tebasan	37
tempe kacang	6, 19
Tempe kacang.....	23
tengik	11
terdegradasi	36
terpadu	85
<i>testa</i>	3
Tingkat konsumsi	20
titik cair	49
TLC	69
<i>total error</i>	63, 64
Total variasi	63
Trichoderma	54, 55, 96
Turkey X	16

U

ultraviolet.....	17, 26
------------------	--------

V

virus hepatitis B	19
-------------------------	----

W

waktu panen.....	29
------------------	----

Y

<i>yeast</i>	51
--------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas H, Wilkinson J, Zablotowicz RM, Accinelli C, Abel C, Bruns H, Weaver M. 2009. Ecology of *Aspergillus flavus*, regulation of aflatoxin production, and management strategies to reduce aflatoxin contamination on corn. *Toxin Reviews* 28: 142-153.
- Abbas HK, Zablotowicz RM, Weaver MA, Horn BW, Xie W, Shier WT. 2004. Comparison of cultural and analytical methods for determination of aflatoxin production by Mississippi Delta *Aspergillus* isolates. *Canadian Journal of Microbiology* 50: 193-199.
- Adhikari B, Dhungana SK, Ali MW, Adhikari A, Kim ID, Shin DH. 2018. Resveratrol, total phenolic and flavonoid contents, and antioxidant potential of seeds and sprouts of Korean peanuts. *Food Science and Biotechnology* 27(5):1275-1284.
- Adhikari B, Dhungana SK, Ali MW, Adhikari A, Kim Il-Doo, Shin Dong-Hyun. 2019. Antioxidant activities, polyphenol, flavonoid, and amino acid contents in peanut shell. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 18: 437-442.
- Akram NA, Shafiq F, Ashraf M. 2018. Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A prospective legume crop to offer multiple health benefits under changing climate. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(12): 1325-1337.
- Amaike S, Keller NP. 2011. *Aspergillus flavus*. *Annual Review of Phytopathology* 49: 107-133.
- Anjaiah V, Thakur RP, Koedam N. 2006. Evaluation of bacteria and *Trichoderma* for biocontrol of pre-harvest seed infection by

- Aspergillus flavus* in groundnut. Biocontrol Science and Technology 16(4): 431-436.
- Ansori M. 2004. Reduksi kadar aflatoksin B1 (AFB1) pada pengolahan kacang garing melalui optimasi perendaman, pemanasan dan penekanan. Fakultas Pasca Sarjana UGM (Thesis S2).
- Anukul N, Vangnai K, Mahakarnchanakul. 2013. Significance of regulation limit in mycotoxin contamination in Asia and risk management programs in national level. Journal of Food and Drug Analysis. 21: 227-241.
- APEDA. 2013. Regulation of export of peanut and peanut products through control of aflatoxin. Trade Notice No: APEDA/PPP/Q/2011 Amendment III dated 09.01.2013. Agricultural and Processed Food Products Export Development Authority. New Delhi, India. 50 p.
- Arya SS, Salve AR, Chauhan S. 2016. Peanuts as functional food: a review. Journal of Food Science and Technology 53(1): 31-41.
- Attree R, Du B, Xu B. 2015. Distribution of phenolic compounds in seed coat and cotyledon, and their contribution to antioxidant capacities of red and black seed coat peanuts (*Arachis hypogaea* L.). Industrial Crops and Products 67: 448-456.
- Azaizeh HA, Pettit RE, Smith OD, Taber RA. 1989. Reaction of peanut genotypes under drought stress to *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*. Peanut Science 16: 109-113.
- Balitkabi [Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi]. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Aneka Kacang dan Umbi, Cetakan ke-8 (revisi). Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 218 p.
- Bankole SA, Ogunsanwo BM, Eseigbe DA. 2005. Aflatoxins in Nigerian dry-roasted groundnuts. Food Chemistry 89: 503-506.

- Basha SM, Cole BJ, Pancholy SK. 1994. A phytoalexin and aflatoxin producing peanut seed culture system. *Peanut Science* 21: 130-134.
- Bediako KA, Ofori K, Offei SK, Dzidzienyo D, Asibuo JY, Amoah RA. 2019. Aflatoxin contamination of groundnut (*Arachis hypogaea* L.): Predisposing factors and management interventions. *Food Control* 98: 61-67.
- Benkerroum N. 2020. Aflatoxins: producing-molds, structure, health issues and incidence in Southeast Asian and Sub-Saharan African Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 1215. 40 p.
- Bhatnagar D, Cary J, Ehrlich K, Yu J, Cleveland T. 2006. Understanding the genetics of regulation of aflatoxin production and *Aspergillus flavus* development. *Mycopathologia* 162: 155-166.
- Bonku R, Yu J. 2020. Health aspects of peanuts as an outcome of its chemical composition. *Food Science and Human Wellness* 9(-): 21-30
- BSN. 2009. Batas maksimum kandungan mikotoksin dalam pangan. SNI 7385:2009. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 24 p.
- Cardona TD, Ingantileke SG, Noomhorm A. 1989. Aflatoxin research on grain in Asia – It's problems and possible solutions. p. 378-394. *In* Naewbanij (Ed). *Proceedings of the 12th ASEAN Seminar on Grain Postharvest Technology, Asian Grain Postharvest Programme, Bangkok.*
- Cheli F, Campagnoli A, Pinotti L, Fusi W, Deli'Orto V. 2009. Sampling feed for mycotoxins: acquiring knowledge from food. *Italian Journal of Animal Science* 8: 5-22.
- Cole RJ, Dorner JW, Holbrook CC. 1995. Advances in mycotoxin elimination and resistance. p. 456-474. *In: Advance in Peanut Science.*

- Cole RJ, Sanders TH, Dorner JW, Blakenship PD. 1989. p. 279-287. Environmental conditions required to induce preharvest aflatoxin contamination of groundnut. *In*: McDonald D, Mehan VK (Eds). Proceedings of the International Workshop on Aflatoxin Contamination of Groundnuts, ICRISAT, Patancheru, India, 6-9 October 1987.
- Cole RJ, Sanders TH, Hill RA, Blakenship PD. 1985. Mean geocarphosphere temperature that induce preharvest aflatoxin contamination of peanuts under drought stress. *Mycopathologia* 91: 41-46.
- Cookey CJ, Garratt PJ, Richards SE, Strange RN. 1988. A denyl stilbene phytoalexin from *Arachis hypogaea*. *Phytochemistry* 27(4): 1015-1016.
- Craufurd PQ, Prasad PVV, Waliyar F, Taheri A. 2006. Drought, pod yield, pre-harvest *Aspergillus* infection and aflatoxin contamination on peanut in Niger. *Field Crops Research* 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.
- Damardjati DS. 2005. Penanganan permasalahan mikotoksin pada komoditas tanaman pangan dan dampaknya terhadap perdagangan. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Permasalahan dan Upaya Penanggulangan Mikotoksin dan Mikotoksikosis di Indonesia, Jakarta, 30 Juli 2005.
- Daren X, Shengyu W. 1997. Status and management of aflatoxin contamination in groundnut in China. p. 23-26. *In*. Mehan VK, Gowda CLL (Eds.). Aflatoxin Contamination Problems in Asia: Proceeding of the First Asia Working Group Meeting, 27-29 May 1996 in Hanoi, Vietnam. ICRISAT, India.

- Dharmaputra OS. 2014. Fungi, Mycotoxins and Their Control in Indonesian Food and Feedstuff. Bogor: SEAMEO BIOTROP. Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology.
- Dharmaputra OS, Retnowati I, Putri ASR, Ambarwati S. 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.
- Dharmaputra OS, Retnowati I, Ambarwati S, Maysra E. 2005. *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin contamination in peanut at various stages of the delivery chains in Cianjur Regency, West Java, Indonesia. Biotropia 24: 1-19.
- Dharmaputra OS, Ambarwati S, Retnowati I, Windyarani A. 2013. *Aspergillus flavus* population and aflatoxin B1 content in processed peanut products in Municipality of Bogor, West Java. Biotropia 20(2): 81-88.
- Dharmaputra OS, Tjitrosomo HSS, Susilo H, Sulaswati. 1989. *Aspergillus flavus* and aflatoxin in peanuts collected from three markets in Bogor, West Java, Indonesia. p. 110-123. In: Naewbanij JO (Ed.). Grain Postharvest Research and Development: Priorities for the Nineties, Proceeding of the 12nd ASEAN Seminar on Grain Postharvest Technology, Surabaya, 29-31 August 1989, AGPP, Bangkok.
- Dharmaputra OS. 2002. Review on aflatoxin in Indonesian food and feedstuff and their product. Biotropia (19): 26-46.
- Dharmaputra OS. 2003. Antagonistic effect of three fungal isolates to aflatoxin-producing *Aspergillus flavus*. Biotropia 21: 19-31.
- Dickens JW. 1977. Aflatoxin occurrence and control during growth, harvest and storage of peanuts. p 99-105. In: Rodricks JV, Hesseltine CW, Mehlman MA (Eds.). Mycotoxin in Human and Animal Health, Pathotox Publ, Inc., Illinois, USA.

- Diener UL, Cole RJ, Sanders TH, Payne GA, Lee LS, Klich MA. 1987. Epidemiology of aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. Annual Review on Phytopathology 25: 249-270.
- Diener UL, Pettit RE, Cole RJ. 1982. Aflatoxin and other mycotoxins in peanut. p 486-519. *In*: Patte HF, Young CT (Eds.). Peanut Science and Technology, American Peanuts Research and Education Society Inc, Texas.
- Dohlman E. 2003. Mycotoxin hazards and regulations impacts on food and animal feed crop trade. p. 97-108. *In*: Buzby JC (Ed.). International Trade and Food Safety: Economic Theory and Case Studied. USDA Agricultural Research No. 828. www.org.usda.gov. diakses tanggal 4 April 2014.
- Dorner J, Lamb M. 2006. Development and commercial use of afla-guard, an aflatoxin biocontrol agent. Mycotoxin Research 22: 33-38.
- Dorner JW, Cole RJ. 2002. Effect of application of nontoxigenic strains of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* on subsequent aflatoxin contamination of peanuts in storage. Journal of Stored Products Research 38 (-): 329-339
- Dorner JW. 2008a. Management and prevention of mycotoxin in peanuts. Food Additives and Contaminants. Part A 25(2): 203-208.
- Dorner JW. 2008b. Relationship between kernel moisture content and water activity in different maturity stages of peanuts. Peanut Science 35(2): 77-80.
- Dorner JW. 2009. Development of biocontrol technology to manage aflatoxin contamination in peanuts. Peanut Science 36(1): 60-67.
- Dorner UL, Cole RJ, Sanders TH, Blakenship PD. 1989. Interrelationship of kernel water activity, soil temperature, maturity and phytoalexin production in pre-harvest aflatoxin

- contamination of drought stressed peanuts. *Mycopathologia* 105(5): 117-128.
- DSN 1995. Standard Mutu Kacang Tanah. SNI 01-3921-1995. Dewan Standarisasi Nasional. Jakarta. 7 p.
- El-Nezami H, Mykkänen H, Kankaanpää P, Salminen S, Ahokas J. 2000. Ability of *Lactobacillus* and *Propionibacterium* strains to remove aflatoxin B1 from the chicken duodenum. *Journal of Food Protection* 63(4): 549-552.
- Elamin NHH, Abdel-Rahim AM, Khalid AE. 1988. Aflatoxin contamination of groundnuts in Sudan. *Mycopathologia* 104: 25-31.
- Endarwati D dan Kusumaningtyas E. 2017. Beberapa fungsi *Rhizopus* sp dalam meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan. *Wartazoa* 27(2): 81-88.
- FAO. 2003. Mycotoxin regulations in 2003 and current developments, <http://www.fao.org/docrep/007/y5499e/y5499e07.htm> diakses 23 Februari 2012.
- Farag RS, Rashed MM, Abo Higgar AAA. 1996. Aflatoxin destruction by microwave heating. *International Journal of Food Science Nutrition* 47: 197-208.
- Fardiaz S. 1991. Destruction of aflatoxin during processing of aflatoxin-contaminated peanuts into different peanut products. *Indonesia Journal of Tropical Agriculture* 3(1): 27-31.
- Fardiaz S. 1997. Keamanan makanan tradisional dan upaya peningkatannya. p. 54-63. *In*. Budijanto S, Zakaria F, Dewanti-Hariyadi R, Satiawiharja B (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan Denpasar 16-17 Juli 1997, Buku II*, PATPI-Menpangan RI.
- Fathurrohman. Sedot Rp3,41 Triliun, Kanker Renggut 9,6 Juta Jiwa. Fajar Indonesia Network. <https://fin.co.id/2020/01/17/sedot->

rp341-triliun-kanker-renggut-96-juta-jiwa/... diakses 3
November 2020.

- Fernandez EM, Rosolem CA, Maringoni AC, Oliveira DMT. 1997. Fungus incidence on peanut grain as affected by drying method and Ca nutrition. *Field Crops Research* 52(1-2): 9-15.
- Francisco MLDL, Resurreccion AVA. 2008. Functional components in peanuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(8): 715-746.
- Georgianna DR, Fedorova ND, Burroughs JL, Dolezal AL, Bok JW, Horowitz-Brown S, Woloshuk CP, Yu J, Keller NP, Payne GA. 2010. Beyond aflatoxin: four distinct expression patterns and functional roles associated with *Aspergillus flavus* secondary metabolism gene clusters. *Molecular Plant Pathology* 11: 213-226.
- Ginting E, Beti JA. 1996. Upaya penyediaan bahan baku 'bebas' aflatoksin mendukung agroindustri kacang tanah. p. 388-405. *In*: Saleh N. Hartojo K. Heriyanto. Kasno A. Manshuri. Sudaryono dan Winarto A (Eds.). *Risalah Seminar Nasional Prospek Pengembangan Agribisnis Kacang Tanah di Indonesia*. Edisi Khusus Balitkabi No. 7 - 1996.
- Ginting E. 2006. Mutu dan kandungan aflatoksin biji kacang tanah varietas Kancil dan Mahesa yang disimpan dalam beberapa jenis bahan pengemas. *Jurnal Agrikultura* 17(3): 165-172.
- Goto T, Ginting E, Antarlina SS, Utomo JS, Ito Y, Nikkuni S. 1999. Aflatoxin contamination and fungi isolated from Indonesian agricultural commodities. p 211-215. *In*: *Proceeding of International Symposium of Mycotoxicology '99*. Mycotoxin Contamination: Health Risk and Prevention Project. Chiba. Japan. September 9-10. 1999.
- Goto T. 1990. Mycotoxins: Current situation. *Food Reviews International* 6(2): 265-290.

- Guan S, Zhou T, Yin Y, Xie M, Ruan Z, Young J. 2011. Microbial strategies to control aflatoxins in food and feed. *World Mycotoxin Journal* 4: 413-424.
- Guchi E. 2015. Aflatoxin contamination in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) caused by *Aspergillus* species in Ethiopia. *Journal of Applied & Environmental Microbiology* 3(1): 11-19.
- Guimón J, Guimón P. 2012. How ready-to-use therapeutic food shapes a new technological regime to treat child malnutrition. *Technological Forecasting and Social Change*. 79 (7): 1319-1327.
- Hakim. L. 2009. Pengendalian kontaminasi aflatoksin B1 pada kacang tanah (*A. hypogaeae* L.) melalui pengaturan pengemasan dan penyimpanan. Fakultas Pasca Sarjana UGM (Thesis S2).
- Hammons RO. 1982. Origin and early history of the peanut. p. 1-20. *In*: Pattee HE, Young CT (Eds). *Peanut Science and Technology*. American peanut research and Education Society. Inc. Texas.
- Horn BW, Greene RL, Dorner JW. 2000. Inhibition of aflatoxin B1 production by *Aspergillus parasiticus* using nonaflatoxigenic strains: role of vegetative compatibility. *Biological Control* 17: 147-154.
- Hou M, Mu G, Zhang Y, Cui S, Yang X, Liu L. 2017. Evaluation of total flavonoid content and analysis of related EST-SSR in Chinese peanut germplasm. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 17:221-227.
- ICAR. 1987. Aflatoxin in Groundnuts. ICAR. New Delhi.
- Ingale S, Shrivastava SK. 2011. *African Journal of Food Science* 5(8): 490 – 498. Available online <http://www.academicjournals.org/ajfs>. ISSN 1996-0794 ©2011 Academic Journals.
- Jalili M. 2015. A review on aflatoxins reduction in food. *Irianian Journal of Health Safety & Environment* 3(1): 445-459.

- Ji XC, Fan Y, Zhao L. 2016. Review on biological degradation of mycotoxins. *Animal Nutrition* 2: 127-133.
- Kabak B, Dobson ADW. 2009. Biological strategies to counteract the effects of mycotoxins. *Journal of Food Protection* 72(9): 2006-2016.
- 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 p.
- Kasno A, Trustinah, Purnomo J, Sumartini. 2011. Seed coat resistance of groundnut to *Aspergillus flavus* and their stability performance in the field. *Agrivita* 33(1): 53-62.
- Keenan JL, Savage GP. 1994. Mycotoxins in groundnut with special reference to aflatoxin. p. 509-551. *In*. Smartt J (Ed.). *The Groundnut Crop*. Chapman and Hall. London. United Kingdom.
- Klich MA. 2007. *Aspergillus flavus*: the major producer of aflatoxin. *Molecular Plant Pathology* 8: 713-722.
- Köppen, R., M. Koch, D. Siegel, S. Merkel, R. Maul, and I. Nehls. 2010. Determination of mycotoxins in foods: current state of analytical methods and limitations. *Applied Microbiology and Biotechnology* 86: 1595-1612.
- Kusumaningtyas E, Widiastuti R, Maryam R. 2006. Reduction of aflatoxin B1 in chicken feed by using *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oligosporus* and their combination. *Mycopathologia* 162: 307-311.
- Lewis L, Onsongo M, Njapau H, Schurz-rogers H, Lubber G, Kieszak S, Nyamongo J, Backer L, Dahiye AM, Misore A, Decock K, Rubin C.

2005. Aflatoxin contamination of commercial maize products during an outbreak of acute aflatoxicosis in Eastern and Central Kenya. *Environ Health Perspect.* 113 p.
- Li YC, Qian H, Sun XL, Cui Y, Wang HY, Du C, Xia XH 2014. The effects of germination on chemical composition of peanut seed. *Food Science and Technology Research* 20(4): 883-889.
- Mahmud M. 1989. Groundnut aflatoxin problems in Indonesia. p. 215-222. *In* McDonald D. Mehan VK (Eds.). *Proceedings of the International Workshop on Aflatoxin Contamination of Groundnuts*. ICRISAT. Patancheru. India. 6-9 October 1987.
- Mamo FT, Selvaraj JN, Wang Y, Liu Y. 2017. Recent developments in the screening of atoxigenic *Aspergillus flavus* towards aflatoxin biocontrol. *Journal of Applied & Environmental Microbiology* 5(1): 20-30.
- Mixon AC. 1980. Potential for aflatoxin contamination in peanut (*Arachis hypogaea* L.) before and soon after harvest. A Review. *Journal of Environmental Quality* 9(3): 344-349.
- Mobeen AK, Aflab A, Asif A, Zuzzer AS. 2011. Aflatoxin B1 and B2 contamination of peanut and peanut products and subsequent microwave detoxification. *Journal of Pharmacy and Nutrition Science* 1(1): 1-3.
- Murphy PA, Hendrich S, Landgren C, Pryant CM. 2006. Food mycotoxins: An update. *Journal Food Science* 71(5): R51-R65.
- Nigam SN. 2014. *Groundnut at a Glance*. ICRISAT. Patancheru. India. 121 p.
- Nugraha A, Khotimah K, Rietjens IMCM. 2018. Risk assessment of aflatoxin B1 exposure from maize and peanut consumption in Indonesia using the margin of exposure and liver cancer risk estimation approaches. *Food and Chemical Toxicology* 113: 134-144.

- ODNRI [Overseas Development Natural Resources Institute]. 1983. Pest Control in Groundnuts. Pans Manual No. 2. Overseas Development Natural Resources Inst. Chatman. United Kingdom. 197 p.
- Ogunsanwo BM, Faboya OOP, Idowu OR, Lawal OS, Bankole SA. 2004. Effect of roasting on the aflatoxin contents of Nigerian peanut seeds. *African Journal of Biotechnology* 3(9): 451-455.
- Paramawati R, Arief RW, Triwahyudi S. 2006. Upaya menurunkan kontaminasi aflatoksin B1 pada kacang tanah dengan teknologi pasca panen (Studi kasus di Lampung). *Jurnal Enjiniring Pertanian* 4(1): 1-8.
- Paramawati R, Widodo P, Budiarti U, Handaka. 2006. The role of postharvest machineries and packaging in minimizing aflatoxin contamination in peanut. *Indonesian Journal of Agriculture Science* 7(1): 15-19.
- Paranita D. 2020. Kombinasi campuran pelepah kelapa sawit dan kulit kacang tanah sebagai bahan baku pembuatan biobriket. *Jurnal Al Ulum seri Saintek* 8 (2): 45-53.
- Park DL, Whitaker TB, Giesbrecht FG, Njapu H. 2000. Performance of three pneumatic probe samplers and flour analytical methods used to estimate aflatoxins bulk cotton seed. *Journal of AOAC International* 83: 1247-1251.
- Park DL. 2002. Effect of processing on aflatoxin. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 504: 173-179.
- Patil SS. 2017. The role of protein and starch of legumes and cereals on the formation of healthy snack products. PhD thesis submitted at Lincoln University. 182 p.
- Payne GA, Hagler WM. 1983. Effect of specific amino acids on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus flavus* in defined media. *Applied and Environmental Microbiology* 46: 805-812.

- Payne GA. 1998. Process of contamination by aflatoxin-producing fungi and their impacts on crops. *In* Sinha KK, Bhatnagar D. (Eds.). *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety*. New York: Marcel Dekker.
- Pettit RE. 1984. Yellow mold and aflatoxin. p. 35-36. *In*. Porter DM *et al.* (Eds.). *Compendium of Peanut Diseases*. The American Phytopathological Society.
- Porter DM, Smith DH, Rodriguez Kabana R. 1982. Peanut plant diseases. p. 326-410. *In*. Pateo HF, Young CT (Eds.). *Peanut Science and Technology*. American Peanut Research and Education Society Inc. Texas.
- Porter DM, Wright FS, Stelle JL. 1986. Relationship of microscopic shell damage to colonizations of peanut by *Aspergillus flavus*. *Oléagineux* 41(1): 23-27.
- Prado G, Cruz Madeira JEG, Morais VAD, Oliveira MS, Souza RA, Peluzio JM, Godoy IJ, Silva JEM, Pimenta RS. 2011. Reduction of aflatoxin B1 in stored peanuts (*Arachis hypogaea* L.) using *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Protection* 74(6): 1003-1006.
- Purnomo J. Nugrahaeni N, Trustinah, Rahmianna AA. 2020. Panduan Teknis. Pengenalan Varietas Unggul Kacang Tanah 1950-2019. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 136 p. (belum dipublikasikan)
- PT Dua Kelinci. 2005. Peluang pengembangan bisnis kacang tanah di Indonesia. Disampaikan pada 'Temu Usaha Pemasaran Kacang Tanah' di Denpasar. Bali pada tanggal 13-15 September 2005. Direktorat Jenderal Bina Pemasaran dan Pengolahan Hasil Pertanian. Departemen Pertanian. 8 p.
- Purnomo, Purnamawati H. 2007. *Budidaya dan Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta

- Pusdatin [Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian]. 2012-2020. Ekspor dan Impor Komoditas Kacang Tanah. Jakarta: Kementerian Pertanian
- Rahmianna 2020. Mengintip Manfaat Tresembunyi Kulit Biji Kacang Tanah. Info Teknologi. Website Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang. 22 Mei 2020
- Rahmianna AA, Ginting E, Yusnawan E. 2007. Cemaran aflatoksin pada kacang tanah yang diperdagangkan di sentra produksi Banjarnegara. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 26 (2): 137-144.
- Rahmianna AA, Purnomo J, Suryantini. 2012. Peningkatan kualitas biji kacang tanah 15–20 persen melalui penekanan infeksi *Aspergillus flavus* dan kontaminasi aflatoksin dengan menggunakan varietas/galur toleran cekaman kekeringan. Laporan Hasil Penelitian tahun 2012. 27 p.
- Rahmianna AA, Purnomo J. 2018. Hasil, kualitas fisik polong dan biji beberapa genotipe kacang tanah menurut ragam lengas tanah pada fase generatif. Jurnal Agronomi Indonesia 46(1): 71-80
- Rahmianna AA, Sri Hardaningsih. 2004. Penentuan umur panen dan pengelolaan pascapanen polong kacang tanah untuk menghasilkan biji bermutu tinggi dan bebas infeksi jamur *Aspergillus flavus*. p.436-446. *In: Teknologi Inovatif Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian untuk Mendukung Ketahanan Pangan*.
- Rahmianna AA, Taufiq A, Sutrisno L. 2004. Respon kacang tanah terhadap kekeringan pada periode pertumbuhan generatif tanaman yang berbeda. p. 304-310. *In: R. Mudjisihono et al. (Eds.). Penerapan dan Inovasi Teknologi dalam Agribisnis sebagai Upaya Pemberdayaan Rumahtangga Tani. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian bekerjasama dengan Universitas Widya Mataram. Yogyakarta.*

- Rahmianna AA, Taufiq A, Yusnawan E. 2007. Hasil polong dan kualitas biji kacang tanah pada tanah dengan kadar air dan umur panen berbeda. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(3): 206-211.
- Rasyid A. 2006. Temuan ultrasonografi kanker hati hepato seluler (hepatoma). *Majalah Kedokteran Nusantara* 39(2): 100-103.
- Reddy KRN, Farhana NI, Salleh B, Olivera CAF. 2009. Microbiological control of mycotoxins: Present status and future concerns. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology* 2: 1078-1086.
- Reddy U. 1996. Aflatoxin – its prevention and detoxification. *Food and Nutrition News of Acharta N.G. Ranga Agricultural University* 1(4): 1-4.
- Respati E, Hasanah L, Wahyuningsih S, Sehusman, Manurung M. 2014. p. 9-19. *In*. III. Kacang Tanah. *Buletin Konsumsi Pangan* 5. Pusat Data dan Informasi Pertanian.
- Sales JM, Resurreccion AVA. 2014. Resveratrol in peanuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54 (6): 734-770.
- Sanders TH, Cole RJ, Blakenship PD, Dorner JW. 1993. Aflatoxin contamination of peanut from plant drought stresses in pod or root zones. *Peanut Science* 20: 5-8.
- Sanders TH, Hill RA, Cole RJ, Blakenship PD. 1981. Effect of drought on occurrence of *Aspergillus flavus* in maturing peanuts. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 58: 966A-970A.
- Sanders TH. Cole RJ. Blakenship PD. Hill RA. 1985. Relation of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production in preharvest peanuts. *Peanuts Science* 12(2): 90-93.
- Settaluri VS, Kandala CVK, Puppala N, Sundaram J. 2012. Peanuts and Their Nutritional Aspects-a Review. *Food and Nutrition Sciences* 3: 1644-1650. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.312215>

- Shantha T. 1999. Fungal degradation of aflatoxin B1. *Natural Toxins* 7(5): 175-178.
- Sinha PK, Bhagat NR. 1988. Origin and history p.1-12. *In*. Reddy PS (Ed.). *Groundnut*. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.
- Spanjer MC, Scholten JM, Kastrup S, Jörisen U, Schatzki TF, Toyofuku N. 2006. Sample comminution for mycotoxin analysis: Dry milling or slurry milling? *Food Additives and Contaminants*. 23(-):73-83.
- Sumartini, Yushawan E, Ginting E. 2006. Perkembangan cendawan *Aspergillus flavus* pada kacang tanah pasca panen yang diberi perlakuan penimbunan dan pencucian. *Agritek* 14(1): 191-197.
- Surat Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2004. Batas Maksimum Aflatoksin dalam Produk Pangan. 6 p.
- Susanto DA, Kristiningrum E. 2021. Pengembangan standar nasional Indonesia (SNI) definisi pangan fungsional. *Jurnal Standardisasi* 23 (1): 53 – 64
- Susilo TW. 2003. Peluang dan kendala pengembangan agroindustri kacang-kacangan dan umbi-umbian. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Teknologi Inovatif Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian untuk Mendukung Ketahanan Pangan. Malang, 16-17 September 2003. Puslitbangtan – Balitkabi. Malang.
- Tillman BL, Stalker HT. 2009. Peanut. *In*: Vollmann J, Rajcan I. (Eds.) *Oil Crops*. Springer New York.
- Tjindarbumi D, Mangunkusumo R. 2002. Cancer in Indonesia. *Japan Journal on Clinic and Oncology* 32 (supplement): S17-S21.

- Toomer OT. 2017. Nutritional chemistry of the peanut (*Arachis hypogaea*). Critical Reviews in Food Science and Nutrition. DOI: 10.1080/10408398.2017.1339015. 13 p
- Torres AM, Barros GG, Palacios SA, Chulze SN, Battilani P. 2014. Review on pre- and post-harvest management of peanuts to minimize aflatoxin contamination. Food Research International 62: 11-19.
- Ullah Md Ahsan. 1997. Status of the groundnut aflatoxin problem and its management in Bangladesh. p. 21-22. *In*. Mehan VK, Gowda CLL (Eds.) Aflatoxin Contamination Problem in Groundnut in Asia: Proceeding of the first Asia working group meeting, 27-29 May 1996. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India. ICRISAT.
- van Egmond HP, Schothorst RC, Jonker MA. 2007. Regulations relating to mycotoxins in food. Perspectives in a global and European context. Analytical and Bioanalytical Chemistry 389: 147-157.
- Whitaker TB. 2006. Sampling Foods for Mycotoxins. Food Additives and Contaminant. 23(1): 50-61.
- Wiatrak P, Wright DI, Marios JJ, Wilson D. 2006. Effect of irrigation and gypsum application on aflatoxin in peanuts. Soil Crop Science Society. Florida Proc. 65(-): 5-8.
- Wilson DM, Stansell JR. 1983. Effect of irrigation regimes on aflatoxin contamination of peanut pods. Peanut Science 10: 54-58.
- Wotton HR, Strange RN. 1985. Circumstantial evidence for phytoalexin in involvement in the resistance of peanut to *Aspergillus flavus*. J. General Microbiology 131: 487-494.
- Wotton HR, Strange RN. 1987. Increased susceptibility and reduced phytoalexin accumulation in drought-stressed peanut kernels challenged with *Aspergillus flavus*. Applied Environmental Microbiology 53: 270-273.

- Wright GM, Cruickshank AL. 1999. Agronomic. genetic and crop modeling strategies to minimize aflatoxin contamination in peanuts. p. 12-17. *In*. RG Dietzgen (Ed.). Elimination of Aflatoxin Contamination in Peanut. ACIAR Proceeding No. 89. Canberra.
- Wu Q, Jezkova A, Yuan Z, Pavlikova, Dohnal V, Kuca K. 2009. Biological degradation of aflatoxins. *Drug Metabolism Reviews* 41(1): 1-7.
- Yang QQ, Kim G, Farha AK, Luo Q, Corke H. 2020. Phenolic profile, antioxidant and antiproliferative activities of diverse peanut cultivars. *Journal of Food Measurement and Characterization* 14(5): 2361-2369.
- Yusnawan E, Rahmianna AA. 2004. Ekstrak kelapa komersial sebagai media untuk deteksi cepat *Aspergillus flavus* penghasil aflatoksin. Prosiding Kinerja Penelitian mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Zhou Z, Fan Z, Meenu M, Xu B. 2021. Impact of germination time on resveratrol, phenolic acids, and antioxidant capacities of different varieties of peanut (*Arachis hypogaea* Linn.) from China. *Antioxidants* 10, 1714, 19 p.

PROFIL PENULIS



Agustina Asri Rahmianna lahir di Jogjakarta pada bulan Agustus 1960. Pendidikan dasar hingga perguruan tinggi ditempuh di Yogyakarta. Tamat dari SD Tarakanita pada tahun 1972, SMP Negeri V tahun 1975, dan SMA Negeri IV tahun 1979. Sarjana Pertanian dari Universitas Gadjah Mada pada tahun 1985. Memperoleh gelar *Doctor of Philosophy* bidang Natural & Rural Systems Management dari *The University of Queensland* di Brisbane, Australia pada tahun 1999

Karier sebagai peneliti di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi atau BALITKABI (dulu Penelitian Tanaman Pangan, BALITAN) Kementerian Pertanian yang berkedudukan di Malang, dimulai tahun 1985. Meraih jenjang Peneliti Ahli Utama pada tahun 2010, dan melaksanakan pidato Pengukuhan Profesor Riset pada tahun 2021. Sejak awal karier setia menekuni bidang kepakaran agronomi tanaman aneka kacang terutama kacang tanah, dengan fokus kegiatan penelitian pada usaha untuk meningkatkan produktivitas melalui pengelolaan lahan, air, tanaman, dan organisme pengganggu tanaman. Mulai awal tahun 2000an tertarik melakukan penanganan prapanen untuk menekan kontaminasi aflatoksin pada kacang tanah. Selain itu, juga berperan sebagai peneliti agronomi dalam pelepasan sembilan varietas unggul kacang tanah Takar 1 dan 2, Hypoma 1, 2, 3 dan 4, Litbang Garuda 5, Katana 1 dan 2.

Mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang terkait dengan bidang ilmu kompetensinya, antara lain “Training on Detection and estimation of *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in groundnut and their management” di ICRISAT, India; Aflatoxin, bio-control and modelling techniques di Australia; “Analisis aflatoksin pada kacang tanah menggunakan metode ELISA” di Indonesia; International Forum-Agriculture, Biology and Life Science (IFABL) tahun 2017 di Kyoto, Jepang dan Euro-Global Conference on Food Science, Agronomy and Technology (FAT) tahun 2018 di Roma, Italia.

Berperan dalam beragam kegiatan ilmiah antara lain dalam kerjasama ACIAR: 1) “Peanut Improvement: a case study in Indonesia”, 2) “Management of Clay Soils for Rainfed Lowland Rice-based Cropping Systems”, 3) “Reducing Aflatoxin in Peanuts Using Agronomic Management and Bio-Control Strategies in Indonesia and Australia”, 4) “Productivity and Profitability Enhancement of Tropical Pulses in Indonesia and Australia”, dan 5) “Building More Profitable and Resilient Farming Systems in Nanggroe Aceh Darussalam and New South Wales”. Demikian juga berkolaborasi dengan Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada pada penelitian “Perakitan Varietas Kacang Tanah untuk Mendukung Pengembangan Pertanian Lahan Pasir Pantai”; dengan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada pada penelitian “Peningkatan Daya Saing dan Keamanan Produk Kacang Tanah melalui Aplikasi Teknologi Budidaya dan Pascapanen”, “Penentuan Metode Pengeringan, Pengemasan dan Penyimpanan Kacang Tanah untuk Menekan Cemaran Aflatoksin”; dengan Fakultas Pertanian Universitas Mataram pada penelitian “Remediasi Lahan Terdegradasi Akibat Penambangan Batu Apung di Kabupaten Lombok Barat dengan Menggunakan SROF (*silicate rock -organic fertilizer*)”; Program Sinergi Penelitian Pengembangan Bidang Pertanian (Sinta) dan Program Insentif Riset Terapan untuk penelitian “Perakitan Varietas Kacang Tanah Berumur Genjah dan Toleran Kekeringan”, dan “Perakitan Varietas Kacang Tanah Berumur Genjah

dan Toleran Kekeringan”; Program Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekrayasa Kementerian Riset dan Teknologi “Peningkatan Kualitas Biji Kacang Tanah 15-20 Persen melalui Penekanan Infeksi *Aspergillus flavus* dan Kontaminasi Aflatoksin dengan Menggunakan Varietas/Galur Toleran Cekaman Kekeringan”; kolaborasi dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Lampung pada penelitian “Kajian Teknologi Budidaya Kedelai di Lahan Kering Masam”.

Juga sebagai Pendamping Teknis pada Program Produksi dan Pasokan Benih Kacang Tanah Berkualitas di Propinsi Nusa Tenggara Timur kegiatan Yayasan Mitra Tani Mandiri, dan pada Program Hibah Kompetisi B Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada “Empowering Local Agricultural Product Competitiveness through Research-based Learning”

Sebagai peneliti telah menghasilkan karya tulis ilmiah yang ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, baik ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Menjadi penyunting untuk publikasi-publikasi internal BALITKABI maupun sebagai mitra bestari jurnal ilmiah terakreditasi. Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti, pembimbing skripsi (S1, S2) mahasiswa dari beberapa perguruan tinggi negeri dan swasta, serta penguji disertasi mahasiswa S3. Selain itu pernah menjadi *External Reviewers* pada An End of Project Review of the ACIAR SMCN/2012/103 “Improving soil and water management and crop productivity of dryland agriculture systems of Aceh (Indonesia) and New South Wales (Australia)”. Juga pernah menjadi Ketua Kelompok Peneliti Ekofisiologi di Balitkabi mulai tahun 2003-2009, anggota Tim Program di Balitkabi mulai tahun 2005-2020, Penanggung Jawab Website di Balitkabi, dan anggota Tim Penilai Peneliti Unit (TPPU) lingkup Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan dan anggota

Majelis Asesor Peneliti MAPI Instansi tahun 2019-2022. Dan kini menekuni bidang penyuluhan pertanian.



Erliana Ginting, lahir di Medan, tanggal 14 Desember 1963. Menamatkan Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah Pertama dan Sekolah Menengah Atas pada tahun 1975, 1979 dan 1982 di Perguruan Kristen Methodist Jl. Hang Tuah Medan. Memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian Jurusan Pengolahan Hasil Pertanian dari Univeristas Gadjah

Mada Yogyakarta tahun 1987. Selanjutnya memperoleh gelar *Master of Science (by research)* bidang *Food Science and Technology* tahun 2002 dari The University of of New South Wales, Sydney, Australia.

Pernah mengikuti kegiatan training, workshop, dan conference di luar negeri, di antaranya: 1) Seed Technology for Vegetable Crops di UPLB, Los Banos, Filipina, 2), Detection and Estimation of Aflatoxin in Groundnut-based Products di ICRISAT, Patancheru, India tahun 1997, 3) Simple Methods for Screening Aflatoxigenic Moulds, Detection and Estimation the Aflatoxin Produced Using TLC and HPLC Techniques di National Food Research Institute, Tsukuba, Japan (JIRCAS) tahun 1998, 4) Application of Nanotechnology for Food and Agriculture di AIT, Thailand tahun 2011, 5) Analysis of Isoflavones and Anthocyanins in Selected Indonesian Soybean Genotypes” di Miryang, Korea Selatan (AFACI Project/SMART-D Badan Litbang Pertanian) tahun 2013, 6) Training on Troubleshooting dan Maintenance of HPLC tahun 2018 di Singapura, 7) Consultative Planning Meeting for Women’s Role in Upland Farming System Project di Negombo, Sri Lanka tahun 1995 dan Workshopnya Tahun 1996 di Chiang Mai, Thailand, 8) The III International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEI) di Kuala Lumpur, Malaysia tahun 2016, 9) International Forum-Agriculture, Biology and Life Science (IFABL) tahun 2017 di Kyoto, Jepang dan tahun 2018 di Sydney, Australia, 10) Annual Asia Sweetpotato Breeder’s and Seed

System Meeting di Trivandrum, India tahun 2018, dan 11) Euro-Global Conference on Food Science, Agronomy and Technology (FAT) tahun 2018 di Roma, Italia.

Mulai bekerja sebagai peneliti bidang pascapanen dan teknologi pangan di Balitkabi (sebelumnya Balittan Malang) sejak tahun 1987 hingga Agustus tahun 2022 karena selanjutnya bermigrasi ke Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) dan bergabung di Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan. Karier fungsional sebagai peneliti dimulai pada tahun 1993 sebagai Asisten Peneliti Madya hingga tahun 2017 meraih jenjang Peneliti Ahli Utama.

Awal bekerja hingga saat ini, banyak terlibat dalam kegiatan penelitian teknologi pascapanen dan pemanfaatan aneka kacang dan umbi yaitu kedelai, kacang hijau, kacang tanah, ubijalar, dan ubikayu serta beberapa umbi potensial, seperti garut, ganyong dan talas/kimpul menjadi berbagai produk pangan. Selain itu juga aktif mengidentifikasi sifat fisiko-kimia dan sensoris serta kesesuaian pemanfaatan galur/klon harapan aneka kacang dan umbi sebagai data dukung pelepasan varietas unggul baru. Demikian pula komponen bioaktif kacang dan umbi, di antaranya beta-karoten, antosianin, isoflavin, dan fenol untuk mempromosikan pemanfaatannya sebagai pangan fungsional, baik berupa penelitian in-house maupun kerja sama dengan lembaga penelitian internasional (JIRCAS, ACIAR, AFACI, CIP) dan nasional (BATAN) serta perguruan tinggi.

Sejumlah karya tulis, baik sebagai penulis pertama maupun penulis pendamping telah dipublikasi jurnal internasional, jurnal nasional maupun prosiding serta buku/monograf dan booklet/leaflet, diantaranya booklet "Resep Produk Olahan Aneka Umbi" yang telah beberapa kali cetak ulang sejak tahun 2008. Sebanyak enam usulan paten telah didaftarkan dari berbagai produk tersebut, yakni tiwul instan, mie ubijalar, jus ubijalar, es krim ubijalar, roti manis kimpul, dan nugget kimpul. Di samping itu juga terlibat

aktif pada kegiatan diseminasi pemanfaatan aneka kacang dan umbi menjadi berbagai olahan pangan dari Aceh sampai Papua dalam bentuk gelar teknologi, pameran, sosialisasi, pelatihan dan magang.

Kacang tanah mempunyai peran penting dalam menu makan sehari-hari masyarakat baik sebagai sumber gizi maupun pangan fungsional. Peran penting ini ternyata bersanding dengan potensi bahayanya terhadap kesehatan karena biji kacang tanah rentan terhadap kontaminasi aflatoksin, yakni metabolit sekunder yang dihasilkan oleh cendawan *Aspergillus flavus*. Senyawa ini diketahui sebagai salah satu penyebab kanker hati, cirrhosis, dan stunting. Tidak sedikit biji dan produk olahan berbahan baku kacang tanah yang tersedia di pasaran tercemar aflatoksin. Kondisi ini tidak hanya akan berdampak terhadap kesehatan, namun juga menyebabkan kerugian ekonomi.

Pengendalian cemaran aflatoksin sudah diteliti sejak tahun 1960-an, antara lain melalui pengelolaan pertanaman pada masa prapanen, pengelolaan pascapanen polong kacang tanah, pengolahan menjadi produk makanan, hingga pengendalian secara biologi menggunakan agens hayati. Mengacu peran kacang tanah sebagai bahan baku aneka produk olahan, ternyata beragam cara pengolahan kacang tanah hanya mampu mengurangi tingkat kontaminasi aflatoksin, namun tidak dapat menghilangkan 100% cemaran. Oleh karena itu, pengelolaan terpadu mulai dari lapang hingga pengolahan pangan atau pakan sangat penting untuk menurunkan cemaran aflatoksin dengan melibatkan stakeholder di semua mata rantai perdagangan mulai dari petani sebagai produsen, penebas, pedagang besar, pedagang eceran, sampai industri pengolahan.

Buku ini secara singkat dan sederhana menguraikan tentang beragam aspek kacang tanah dan cemaran aflatoksin, juga tentang mutu fisik polong dan biji, serta mutu kimia, teknik pengambilan sampel dan preparasi sampel untuk deteksi aflatoksin.



Madza Media

✉ redaksi@madzamedia.co.id

🌐 www.madzamedia.co.id

📱 @madzamedia

ISBN 978-623-130-201-4

