



MYCOTOXIN: BAGAIMANA PENANGGULANGAN DAN PENANGANAN TERHADAP MYCOTOXIN

PENDAHULUAN

Banyak dari jenis jamur menghasilkan metabolisme sekunder yang sering kita kenal sebagai mycotoxin. Beberapa yang dapat tercerna lebih dari konsentrasi yang seharusnya oleh manusia dan hewan, akan mengakibatkan keracunan (toxic) yang umumnya disebut mycotoxicosis. Mycotoxin juga dapat memproduksi mold yang memberikan dampak negative ke tanaman biji-bijian, yang mengakibatkan kerugian ekonomi yang signifikan pada produksi pakan dan pangan.

Produksi toxin membutuhkan a) adanya mold; b) substrate yang tepat untuk pertumbuhannya; dan c) lingkungan yang tepat untuk berkembang. Ketika ada mold, produksi toxin dipengaruhi oleh kelembapan, suhu, kadar oksigen, dan substrate alamiah. Kebanyakan tanaman pangan akan memproduksi substrate yang dibutuhkan. molds tidak hanya memproduksi mycotoxins, akan tetapi dapat juga mengakibatkan menurunnya nilai kandungan nutrisi pada pakan dan bahan pakan.

Tolak ukur	Jagung yang baik	Jagung dengan mold (jamur)	Penurunan (%)
Total kandungan lemak (%)	3,8	2,4	36,8
Conten dari Fatty Acid Palmitic (Asam Lemak) (16:0)	11,3	9,1	19,5
Metabolic Energi (kcal/kg)	3350	2510	25,1
Karoten (mg/kg)	3,1	2,3	25,8

Tabel 1. Pertumbuhan mold menurunkan nilai kandungan nutrisi pada jagung.

PENYEBAB UTAMA MYCOTOXIN PADA UNGGAS

Mycotoxin yang mengakibatkan resiko secara signifikan pada unggas berhubungan terhadap beberapa jenis antara lain *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*. Jamur ini dan mycotoxin yang dihasilkan pada saat sebelum panen, selama panen, penyimpanan dan selama proses pembuatan pakan sangat umum dijumpai. Spesies *Fusarium* adalah jamur lapangan yang menyerang tanaman biji-bijian yang tumbuh di tanah, dan *Aspergillus* dan *Penicillium* adalah jenis jamur yang menyerang pada saat penyimpanan yang biasanya berkembang pada pasca panen.

Beberapa jenis jamur dapat memproduksi lebih dari satu jenis mycotoxin dan satu jenis mycotoxin dapat diproduksi lebih dari satu jenis jamur, di mana ini dapat diartikan bahwa secara umum ayam tidak hanya terekspose dari satu jenis mycotoxin tetapi beberapa jenis mycotoxin pada waktu yang bersamaan. Mycotoxin yang paling penting untuk dunia perunggasan dan jamur yang memperoduksinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Jamur (Mold)	Mycotoxins	Ld ₅₀ ¹ (µg/kg)
<i>Aspergillus flavus</i> and <i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxins B1, B2, G1 and G2	6.5
<i>Aspergillus flavus</i>	Cyclopiazonic acid	100
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ochratoxins	3.6
<i>Aspergillus versicolor</i>	Sterigmatocystin	-
	<i>Penicillium</i> toxins	-
<i>Penicillium viridicatum</i>	Ochratoxins	3.6
<i>Penicillium citrinum</i>	Citrinin	95
<i>Fusarium tricinctum</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium solani</i>	T-2, HT-2, DAS DON MAS	4.9 – 5.2 3.8 – 5.9 140
<i>Fusarium moniliforme</i>	Fumonisin B1	300*
<i>Fusarium moniliforme</i>	Moniliformin	5.4
<i>Fusarium graminearum</i>	Zearalenone	-
<i>Fusarium roseum</i>		-
Ergot	Claviceps	-

¹ LD₅₀ (µg/kg) = Dosis pada saat 50% hewan yang dilakukan ujicoba mati.

* Not LD₅₀: Unggas yang diberikan konsentrasi mycotoxin tersebut pada pakan akan mengakibatkan penurunan pada tumbuh kembang.

Tabel 2: Jamur dan mycotoxin yang penting untuk perunggasan dan pengaruh terhadap LD₅₀ (13).

AFLATOXIN

Aflatoksin adalah kelompok mikotoksin yang paling luas tersebar dan paling banyak diteliti. Toksin ini muncul pada kondisi iklim yang hangat dan lembap, dan tidak dianggap sebagai masalah di iklim yang lebih dingin; namun, ketersediaan pakan secara global memungkinkan bahan-bahan yang terkontaminasi dapat tersebar ke seluruh dunia.

Aflatoksin B1 merupakan jenis aflatoksin yang paling umum dan paling aktif secara biologis, serta menyebabkan penurunan produksi telur dan kematian. Secara klinis, tanda-tanda yang terlihat meliputi anoreksia (kehilangan nafsu makan), perdarahan viseral, toksisitas terhadap embrio, dan peningkatan kerentanan terhadap stresor. Pemeriksaan histopatologi menunjukkan hati berlemak, nekrosis hati, dan hiperplasia saluran empedu. Aflatoksin B1 juga menekan sistem kekebalan tubuh dan mengurangi respons terhadap vaksinasi.

Aflatoksin menurunkan aktivitas beberapa enzim pencernaan, yang mengakibatkan efisiensi konversi pakan menjadi lebih rendah. Aflatoksin juga diketahui mengganggu metabolisme vitamin D, yang berkontribusi terhadap penurunan kekuatan tulang dan kelemahan kaki. Sindrom burung pucat (pale bird syndrome) terjadi akibat pigmentasi kulit dan kuning telur yang buruk, yang disebabkan oleh penurunan penyerapan lemak dan pigmen karotenoid pada unggas yang terpengaruh.

Penekanan sintesis protein hati merupakan faktor utama yang menyebabkan penekanan pertumbuhan dan penurunan produksi telur. Aflatoksin juga dikaitkan dengan rendahnya tingkat fertilitas dan daya tetas. Pemberian aflatoksin dalam jumlah tinggi pada induk ayam menghasilkan penurunan yang drastis dalam performa reproduksi (lihat Tabel 3).

Mungkin efek paling penting dari aflatoksin adalah efek penekanan sistem kekebalan tubuh (imunosupresi) (9, 10) yang berujung pada kegagalan vaksinasi dan pengobatan. Imunosupresi akibat aflatoksin menyebabkan penurunan kadar antibodi, kekebalan berbasis sel, serta perkembangan abnormal pada kelenjar timus dan bursa Fabricius (lihat Tabel 4).

Aflatokskosis juga telah terbukti meningkatkan kerentanan terhadap infeksi *Salmonella* (13).

Dampak aflatoksin terhadap performa unggas bergantung pada dosis yang dikonsumsi (lihat Tabel 5).

Perlu juga diperhatikan potensi risiko kesehatan manusia, karena residu aflatoksin dapat ditemukan dalam daging ayam dan telur, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 1. Fatty liver (kanan) memiliki keterkaitan dengan Aflatoxin B1.

Aflatoxin (µg/kg)	Telur Fertile (%)	Daya tetas (%)	Fagositosis Macrophage (%)
0	98,6	82,8	35,8
10	92,4	35,3	9,7

Tabel 3. Dampak dari aflatoxin pada breeder performance.

Aflatoxin (µg/kg)	IBD	ND
0	6180±195 ^a	5800±199 ^a
100	3800±212 ^b	3025±208 ^b
200	3046±220 ^c	2650±214 ^c
400	2200±225 ^d	1850±217 ^c

Tabel 4. Dampak aflatoxin B1 pada titer antibody terhadap Infectious bursa disease (IBD) dan Newcastle Disease (ND) pada ayam broiler pada umur 40 minggu.

Aflatoxin (mg/kg feed)	Dampak
2,5	Penurunan produksi telur
10	Penurunan 50%
20	Penurunan 100%

Tabel 5. Dampak dari aflatoxin pada performa ayam petelur.

Aflatoxin pada Pakan (µg/kg)	Aflatoxin pada Telur (µg/kg)
100	0,23
200	0,78
400	1,40

Tabel 6. Hubungan antara kandungan aflatoxin dalam pakan ayam petelur dengan konsentrasi aflatoxin dalam telur (23).

TRICHOTHECENES

Trichothecenes Tipe A, yang mencakup toksin T-2, HT-2, dan diacetoxyscirpenol (DAS), merupakan ancaman utama yang menyebabkan kerugian ekonomi akibat penurunan produktivitas. Senyawa ini dapat ditemukan pada sereal, produk sampingan sereal, dan pakan ternak. Jewers (1990) melaporkan penurunan bobot badan sebesar 11% hingga 24% pada anak ayam yang diberi pakan mengandung T-2 dan diacetoxyscirpenol, yang disebabkan oleh lesi oral parah (lihat Gambar 2) dan iritasi usus (45). Toksin T-2 sering disebut sebagai "toksin penolak pakan" karena menyebabkan penurunan konsumsi pakan, penurunan bobot badan, pertumbuhan bulu yang abnormal, penurunan produksi telur, penipisan cangkang telur, serta regresi ovarium pada ayam petelur (9, 44). Efek toksin T-2 terhadap performa ayam petelur telah dibuktikan pada berbagai tingkat dosis (lihat Tabel 7).

T-2 toxin (ppm)	Produksi Telur (%)	Berat telur(g)	Berat badan (g)
0,0	96,29	52,45	1332
0,5	93,81	51,77	1313
1,0	91,75	51,35	1286
2,0	86,65	51,33	1285

Tabel 7. Dampak dari T-2 toxin pada performa ayam petelur (36).

Toksin T-2 juga diketahui menyebabkan erosi gizzard dan nekrosis mukosa proventrikulus.

Toksin ini merupakan mikotoksin penekan sistem imun kedua paling kuat setelah aflatoksin. Kehadiran kedua toksin tersebut secara bersamaan menjadi kombinasi mikotoksin yang paling immunosupresif (36).

OCHRATOXINS

Okratoksin tipe A (OTA) merupakan kontaminan umum pada berbagai bahan pakan dan diproduksi terutama oleh spesies *Aspergillus* dan *Penicillium*. OTA bersifat nefrotoksik dan secara signifikan menekan konsumsi pakan, pertumbuhan, pembentukan bulu, produksi telur, serta efisiensi konversi pakan (19). Kualitas cangkang telur dapat menurun, disertai dengan perubahan warna menjadi kekuningan dan munculnya bercak darah pada telur (12, 38). OTA diketahui tiga kali lebih toksik pada unggas muda dibandingkan aflatoksin. Unggas yang terpapar dosis tinggi OTA menunjukkan endapan urat pada sendi dan rongga perut (lihat Gambar 3). Gejala lain termasuk diare, tremor, dan gangguan saraf lainnya (12). Toksisitas akut dari OTA dapat menyebabkan gagal ginjal akut yang berujung pada kematian.

ZEARALENONE (ZEA) AND DEOXYNIVALENOL (DON)

Zearalenone (ZEA) bertanggung jawab atas gangguan reproduksi akibat efek estrogenik pada konsentrasi tinggi. Unggas relatif tahan terhadap ZEA; namun, pada konsentrasi tinggi dapat terjadi pembesaran kloaka dan peningkatan ciri-ciri kelamin sekunder. Ayam petelur dianggap tahan terhadap ZEA bahkan hingga dosis 800 mg/kg (1); meskipun demikian, ZEA dapat mengontaminasi telur, yang menjadi perhatian dari sisi kesehatan manusia maupun performa reproduksi. Anak ayam yang berasal dari induk yang diberi pakan terkontaminasi ZEA juga mengandung ZEA (5).

Unggas juga relatif tahan terhadap deoksinivalenol (DON); namun, terdapat hubungan antara DON dan penurunan konsumsi pakan pada ayam petelur dan pembibit. Toksin ini sering dianggap sebagai indikator adanya keberadaan *Fusarium* lain yang lebih berbahaya.



Gambar 2. T-2 toxin lesi pada mulut dan kematian jaringan.



Gambar 3. Dampak Ochratoxins pada ginjal.

FUMONISIN

Fumonisin dijumpai pada daerah beriklim tropis dan dingin. Fumonisin B1 (FB1) diproduksi umumnya oleh *Fusarium verticillioides* dan secara alami diperoleh pada jagung. Tingkat kandungan Fumonisin yang relative tinggi dapat memberikan dampak negative pada unggas; bagaimanapun juga, ketika adanya kombinasi dengan mycotoxin yang lain seperti aflatoxin, DON, dan ZON, unggas akan memiliki dampak kerugian yang tinggi (22). Memiliki pengaruh terhadap penurunan performa ayam seperti pencapaian berat badan rendah dan FCR yang tidak baik. Gejala klinis munjulkan kematian tiba-tiba yang tinggi, kelumpuhan, kaki dan leher terjulur lemah, cara berjalan yang tidak baik, gasping kesulitan bernapas, peningkatan berat hati dan kematian jaringan pada hati atau nekrosis hepatic.

KONTAMINASI GABUNGAN PADA PAKAN OLEH MYCOTOXIN

Kontaminasi gabungan dari berbagai jenis mycotoxin akan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan dan produktifitas dibandingkan dengan kontaminasi tunggal dari mycotoxin. Sebagai contoh, gabungan dari aflatoxin dan ochratoxin sangat toxic untuk unggas atau ayam dan memiliki efek yang sinergis antara toxin satu dan lainnya: toxisitas menghasilkan exposure ganda yang mengakibatkan toxisitas sangat berbahaya dibandingkan individual toxisitas. Dampak dari T-2 dan DAS jika dijumpai pada yaam petelur akan mempengaruhi napsu makan penurunan asupan makan, lesi pada rongga mulut, perubahan pada aktivitas plasma enzim, dan penurunan produktifitas telur (16).

	Aflatoxin	DAS	DON	Fumonisin B	Asam Fusarik	Ochra-toxin	T-2 Toxin
Aflatoxin		++	+	-	-	++	++
DAS	++		-	+	-	-	++
DON	+	-		-	++	-	-
Fumonisin B	-	+	-		-	-	+
Asam Fusarik	-	-	++	-		-	-
Ochratoxin	++	-	-	-	-		++
T-2 Toxin	++	++	-	+	-	++	

+ menunjukkan efek tambahan dari toksin, ++ menunjukkan efek sinergis, - tidak ada efek tambahan atau sinergis yang diketahui.

Tabel 8, Kontaminasi gabungan mycotoxin pada unggas (13).

Jamur tidak dijumpai pada pakan sebagai kultur yang murni sehingga angka dari kombinasi berbagai macam toxin sangat signifikan. Kontaminasi gabungan dapat dilihat pada tabel 8.

Poin utamanya adalah bahwa bahan pakan yang terdeteksi positif mengandung toksin tertentu menunjukkan bahwa kondisi pertumbuhan mendukung tidak hanya untuk jamur tersebut, tetapi juga untuk jenis jamur lainnya; oleh karena itu, penting untuk menguji bahan pakan terhadap kontaminan lain yang mungkin menyertainya.

PENGUJIAN MYCOTOXIN

Jadwal pengujian harus diterapkan untuk secara terus-menerus menilai ancaman mikotoksin terhadap bahan pakan, serta untuk membantu mengidentifikasi lot yang terkontaminasi.

Terdapat variabilitas yang signifikan dalam proses pengujian mycotoksin yang disebabkan oleh variasi dalam pengambilan sampel, persiapan sampel, dan variasi analitis. Tabel 9 menunjukkan variabilitas yang terkait dengan pengukuran aflatoksin dalam lot jagung yang terkontaminasi; variasi akibat

	Variasi	Rasio (%)
Sampel = 910 g	268	7,5
Subsampel, 50 g	56	15,9
Aimmunoassay, 1 aliquot	30	8,6
Total	355	100

¹ Sampling, persiapan sampel, dan analisa error antara 75,5, 15,89 dan 8,6% dari total sampel.

Tabel 9: Variabilitas yang diukur berdasarkan varians yang terkait dengan pengukuran aflatoksin dalam lot jagung kupas sebesar 20 ppb, menggunakan sampel 910 g, sub-sampel 50 g, dan satu aliquot yang dianalisis dengan metode imunosasai (immunoassay).

pengambilan sampel menyumbang lebih dari 75% dari keseluruhan kesalahan dalam pengujian (43).

Kesalahan pengambilan sampel cukup besar karena distribusi partikel yang terkontaminasi dalam suatu lot sangat tidak merata; diperkirakan hanya 6 biji dari 10.000 yang terkontaminasi dalam satu lot dengan konsentrasi aflatoksin sebesar 20 bagian per miliar (ppb) (25).

Satu titik sampling atau satu titik tusukan mungkin memadai jika partikel yang terkontaminasi tersebar merata di seluruh lot; namun, mikotoksin umumnya muncul dalam kantong-kantong terisolasi dalam lot (39). Menambah jumlah sampel yang diambil dari suatu lot dapat meningkatkan kemungkinan untuk mengidentifikasi lot yang terkontaminasi. Prosedur yang digunakan untuk mengambil sampel dari lot curah sangat penting; setiap item individu dalam lot harus memiliki peluang yang sama untuk dipilih.

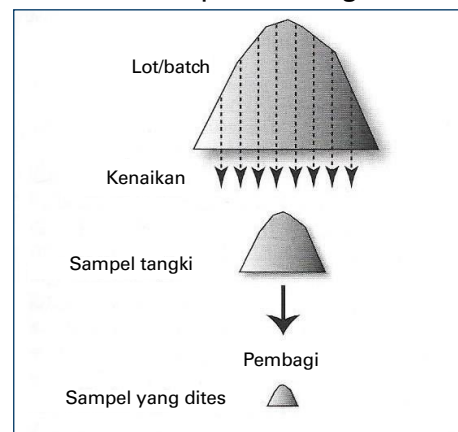
Sampel sebaiknya merupakan akumulasi dari banyak bagian kecil yang diambil dari berbagai lokasi di seluruh lot (4). Rekomendasi umum adalah untuk mengambil bagian-bagian kecil setiap 200 kg (441 lb) produk (17). Akumulasi dari beberapa bagian kecil ini disebut sebagai sampel curah atau sampel komposit (lihat Gambar 4). Jika sampel curah lebih besar dari ukuran yang diinginkan, maka sampel curah harus dicampur dan dibagi sampai diperoleh ukuran sampel yang sesuai. Ukuran sampel terkecil yang diambil dari sampel curah dan digiling dalam tahap persiapan sampel disebut sebagai sampel uji (42).

* Sampel uji diambil dari sampel curah. Sampel curah adalah akumulasi dari banyak bagian kecil yang diambil dari berbagai lokasi dalam lot.

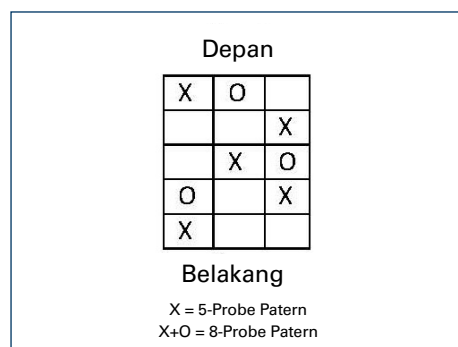
Saat mengambil sampel dari wadah curah, pola penusukan (probing pattern) harus dikembangkan sehingga produk dapat dikumpulkan dari berbagai lokasi dalam lot. Contoh pola penusukan yang direferensikan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) ditunjukkan dalam Gambar 5.

Alat penusuk (sampling probe) harus cukup panjang untuk mencapai dasar wadah jika memungkinkan. Saat mengambil sampel dari karung, sampel harus diambil dari banyak karung yang tersebar di seluruh lot. Lorong di antara karung memungkinkan akses ke karung-karung di bagian dalam. Jumlah karung yang disarankan untuk diambil sampelnya bervariasi, dari satu dari empat untuk lot kecil, hingga akar kuadrat dari jumlah total karung untuk lot besar (17). Saat mengambil sampel dari aliran yang bergerak, misalnya ban berjalan (conveyor belt), bagian-bagian kecil harus diambil sepanjang seluruh panjang aliran yang bergerak. Sampel dapat diambil menggunakan alat pemotong otomatis (automatic crosscut sampling device) atau secara manual; apapun metode pengumpulannya, penting agar sampel diambil secara sering, pada interval yang seragam, dan dari seluruh aliran. Gabungkan semua bagian kecil tersebut untuk memperoleh sampel curah. Jika sampel curah lebih besar dari yang dibutuhkan, campur dan bagi sampel curah untuk mendapatkan ukuran sampel uji yang diinginkan.

Persiapan sampel melibatkan pengurangan ukuran sampel uji menjadi jumlah yang dapat dianalisis. Produk granular, seperti biji jagung, digiling sebelum diambil sub-sampelnya, untuk mengurangi ukuran partikel sekecil mungkin. Hal ini meningkatkan homogenitas sampel uji, yang akan memberikan penilaian konsentrasi mycotoksin yang lebih akurat (8).



Gambar 4: Sampel yang di tes* (42).



Gambar 5. Contoh 5- and 8-probe sampling pattern (43).

ANALISA

Test cepat menggunakan strip : Analisis bahan pakan terhadap keberadaan mikotoksin dapat dilakukan secara efisien melalui penggunaan kit uji ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assays), yang kini telah menjadi alat standar untuk pemantauan cepat mycotoksin (31). Metode ini memadai untuk menentukan apakah suatu bahan pakan berada di bawah atau melebihi batas ambang yang diperbolehkan.

HPLC dan GC-MS menyediakan penentuan kadar dan jenis mycotoksin yang lebih akurat dalam bahan pakan.

Beberapa toksin dapat lolos dari deteksi karena terselubung (masked) oleh glikosida atau protein yang terikat pada toksin tersebut, sehingga menghasilkan hasil negatif palsu. Oleh karena itu, metode analisis yang lebih canggih diperlukan untuk mendeteksi jenis toksin ini.

LC-MS/MS (Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry) merupakan teknik terbaru yang mampu mendeteksi ratusan jenis mycotoksin, termasuk mycotoksin terselubung dan mycotoksin baru beserta metabolitnya secara bersamaan dalam satu sampel (28). Bioassay digunakan untuk memastikan keberadaan mycotoksin spesifik. Salah satu contohnya adalah penggunaan krustasea seperti *Artemia salina* (lihat Gambar 6) dan mengevaluasi tingkat kelangsungan hidup dari sampel bahan yang diuji (21, 30).



Gambar 6. *Artemia Salina*.

PENDEKATAN MELALUI PENCEGAHAN DINI

Penilaian terhadap kadar jamur dalam biji-bijian dapat memberikan indikasi terhadap kemungkinan keberadaan mycotoksin.

Pengujian bahan terhadap tingkat dan jenis jamur terkadang dapat menunjukkan kemungkinan kontaminasi mycotoksin; namun demikian, jamur mungkin tidak lagi hadir, tetapi mycotoksinnya tetap ada. Praktik terbaik adalah dengan menganalisis baik jamur maupun mycotoksin.

Panduan Umum Tingkat Jamur dan Tindakan yang Disarankan:

Pembasmi jamur (berbasis asam) dapat membunuh jamur secara instan, tetapi dapat menguap seiring waktu, sehingga perlindungannya bersifat jangka pendek hingga menengah. Garam dari asam ini memberikan perlindungan jangka panjang karena akan melepaskan asam hanya saat

terdapat air bebas; garam ini dapat dianggap sebagai “reservoir” asam yang aktif saat diperlukan.

Tingkat yang terdeteksi (per g)	Tindakan
Sampai 5,000/g	0.5 kg of Mold Killer ¹ /Inhibitor ²
Sampai 50,000/g	1.0 kg/t Mold Killer/Inhibitor
Sampai 500,000/g	1.0 kg/t Mold Killer/Inhibitor/Binder
Sampai 1,000,000/g	1.5 kg/t Mold Killer/Inhibitor/Binder
1–2 juta/g	Perhatian, tingkatkan kandungan densitas pada pakan
> 2 juta/g	Lakukan pengenceran dengan material yang bersih alihkan pada species atau umur yang kurang sensitif
> 5 juta/g	Hentikan penggunaan

Jamur seperti *Aspergillus flavus* sangat umum di alam dan diasumsikan terdapat pada sebagian besar tanaman jagung. Pertumbuhan jamur di lapangan sangat tergantung pada suhu tinggi, kelembaban tinggi, dan curah hujan tinggi. Kerusakan atau stres pada tanaman akibat penyakit, serangan serangga atau burung, gulma, embun beku, atau kekeringan akan mempermudah masuknya jamur dan mempercepat perkembangannya.

¹ Pembunuh Jamur: Asam propionat, asam format, asam asetat, asam sorbat, asam butirat, asam benzoat, asam valerat dan asam laktat ² Penghambat pertumbuhan jamur : garam-garaman, ammonium, sodium dan potasium.

Tabel 10. Tingkat dari kadar jamur (spora dihitung per gram pakan).

Biji yang rusak oleh serangga lebih rentan terhadap pertumbuhan jamur, sehingga pengendalian hama sangat penting dalam pencegahan kontaminasi jamur. Beberapa toksin seperti aflatoksin cenderung ditemukan pada biji yang pecah, rusak, atau tercampur dengan benda asing.

Hindari memanen biji-bijian dengan kadar air terlalu tinggi. Gunakan alat pengukur kadar air untuk membantu pengambilan keputusan. Simpan biji-bijian dalam wadah penyimpanan menggunakan udara bertekanan untuk menjaga suhu tetap rendah. Gunakan fasilitas penyimpanan yang kedap cuaca dan berventilasi baik, serta pantau suhu selama penyimpanan. Pengeringan biji yang lambat dan bersuhu rendah dalam waktu lama dapat meningkatkan pembentukan aflatoksin. Semua peralatan penanganan dan tempat penyimpanan harus bersih, kering, dan bebas kebocoran sebelum dan selama digunakan untuk menurunkan resiko dari kontaminasi.

Terapkan penghambat jamur cair atau kering; penggunaan asam organik seperti asam propionat dan amonium isobutirat dapat mencegah pertumbuhan jamur bila diaplikasikan dengan benar saat pakan dimasukkan ke silo. Catatan: Asam organik tidak akan menghancurkan toksin yang sudah ada dalam biji-bijian (20).

PENILAIAN SECARA VISUAL DAN PEMBERSIHAN

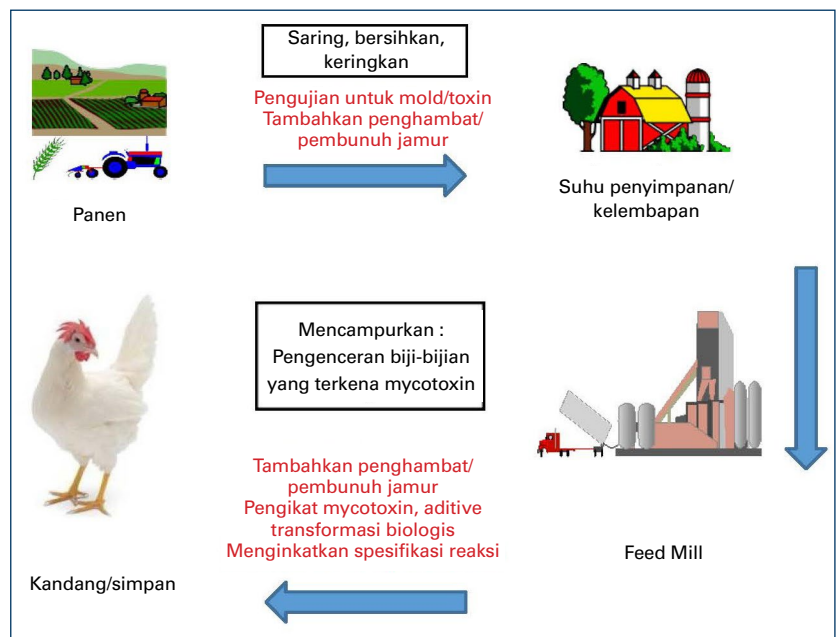
Lakukan penilaian visual terhadap lot biji-bijian: perhatikan tanda-tanda pertumbuhan jamur (lihat Gambar 8), kerusakan oleh serangga, dan keberadaan "fines" (partikel kecil), yang sering dikaitkan dengan pertumbuhan jamur.

MEMBERSIHKAN

Pembersihan mekanis selama proses pembersihan biji terkontaminasi dapat menghilangkan debu, kulit, dan partikel ringan melalui aspirasi atau penyikatan. Alat pembersih biji telah terbukti mampu mengurangi kadar aflatoksin dalam jagung hingga 50%.

MEKANIS PEMISAHAN DAN PEMILIHAN

Penanganan pengendalian mycotoxin sebaiknya dilakukan dari proses awal pemanenan, dengan mengeluarkan biji yang terkontaminasi sebanyak mungkin. Dalam proses ini, produk bersih dipisahkan dari biji yang terkontaminasi mycotoksin. Namun, karena pemisahan ini tidak selalu berjalan dengan sempurna dan dapat menyebabkan kerugian pakan yang tinggi, maka metode ini tidak selalu dianggap efisien secara biaya. Jika biji terkontaminasi mycotoksin tetap harus digunakan, maka pengenceran batch yang terkontaminasi dengan batch bersih bisa menjadi langkah biaya rendah untuk mengurangi dampaknya terhadap hewan. Namun, pengambilan sampel berulang dan analisis mycotoksin diperlukan untuk menentukan konsentrasi toksin pada setiap batch pakan. "Pencampuran turun" (blending down) dari bahan yang melebihi batas maksimum yang diizinkan tidak diperbolehkan di beberapa wilayah, terutama jika bahan tersebut digunakan untuk hewan breeding.



Gambar 7. Skema diagram yang menunjukkan langkah-langkah untuk mengurangi resiko paparan dari Mycotoxin, dari panen hingga pengiriman pakan ke kandang.



Gambar 8. Biji jagung yang terkontaminasi jamur.

PENCUCIAN

Prosedur pencucian menggunakan air atau sodium carbonat dapat menutunkan mycotoxin pada biji-bijian.

PROSES PEMBUATAN PAKAN

Proses pembuatan pakan tidak serta merta mengurangi resiko dari mycotoxin. Paparan suhu 70-80°C (158-176°F) dalam waktu singkat pada saat proses pelleting tidak cukup untuk menghilangkan jamur (18). Lebih jauh lagi kondisi pendinginan pakan pellet dapat menyebabkan terjadinya kondensasi yang tidak diinginkan selama penyimpanan, yang dapat mengakibatkan pertumbuhan jamur.

PERAWATAN/PENGOBATAN

Pendekatan secara nutrisi

- Meningkatkan kandungan dari antioksidan pada pakan seperti selenium dan vitamin seperti vitamin A, C dan E.
- Menambah kandungan dari methionin: proses detoxifikasi dari aflatoxin melibatkan system glutathione, dimana terdiri dari cysteine; metabolisme methionin yang menurun, memicu buruknya efisiensi pakan dan pertumbuhan.
- Meningkatkan kandungan Choline: Mycotoxin dapat memberikan dampak negative terhadap kondisi hati. Choline disintesa di dalam hati dan memiliki fungsi untuk menjaga kondisi hati. Suplementasi tambahan choline yang diberikan secara harian mungkin dibutuhkan khususnya ketika dijumpai adanya mycotoxin.
- Bentuk dari vitamin D₃: Vitamin D₃ mengalami dua tahap konversi sebelum mencapai bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh unggas. Tahap pertama dari dua proses ini terjadi di hati. Memberikan metabolit tertentu dari vitamin D₃ dapat melewati tahap pertama ini, sehingga memungkinkan penyerapan bentuk aktif vitamin D₃ – yaitu 25OHD₃ – secara lebih efisien dan lebih cepat. Pendekatan ini menjadi sangat penting apabila fungsi hati terganggu akibat paparan mycotoksin.

Detoksifikasi secara Kimiawi

Detoksifikasi dengan amonia atau related ammonia adalah salah satu dari metode yang secara praktis digunakan untuk mendekontaminasi aflatoxin pada komoditas pertanian (26). Inaktivasi aflatoxin dalam pakan melalui amonisasi pada breeder layer tidak memberikan efek yang merugikan terhadap respons kekebalan dari vaksinasi Newcastle disease, sebagai mana diukur dengan titer *Hemagglutinin inhibition (HI)* (7). Hidrogen peroksida merupakan zat pengoksidasi yang dapat diterima dalam pangan dan memiliki potensi untuk menghancurkan hingga 97% aflatoxin. Efek serupa telah ditemukan pada perlakuan dengan asam organik dan surfaktan (6,37).

Suplementasi dengan Agen Penyekuester Mycotoksin Non-Nutritif

Suplementasi dengan agen penyekester mycotoksin non-nutritif merupakan metode yang paling praktis dan paling banyak diteliti untuk mengurangi dampak paparan mycotoksin (15).

Arang Aktif (Activated Charcoal)

Arang aktif adalah bentuk karbon amorf yang dipanaskan tanpa adanya udara dan kemudian dilakukan proses oksigenasi untuk meningkatkan porositasnya. Terdapat beberapa data yang menunjukkan bahwa arang aktif efektif menyerap beberapa aflatoksin, namun tidak efektif terhadap toksin yang berasal dari spesies lain. Arang aktif juga dapat menyerap mikronutrien yang terkandung dalam pakan.

Mineral Silikat (Clays)

Bentonit (Montmorillonit). Bentonit dapat diklasifikasikan sebagai bentonit kalsium, magnesium, kalium, atau natrium. Beberapa jenis bentonit telah terbukti mampu mengikat aflatoksin B1 hingga 66% dengan membentuk kompleks dengan toksin tersebut, baik secara in-vitro maupun in-vivo. Pembentukan kompleks ini mencegah penyerapan aflatoksin melalui epitel usus.

- Zeolit adalah kelompok silikat yang terdiri dari struktur saling bertaut tetrahedron SiO_4 dan AlO_4 , yang menarik kation positif ke dalam strukturnya. Konsentrasi aflatoksin B1 dalam hati menurun dengan penggunaan zeolit pada tingkat inklusi 2% dalam pakan ketika ayam petelur diberi aflatoksin sebanyak 2,5 ppm (46).
- Hydrated Sodium Calcium Aluminosilicate (HSCAS) dianggap sebagai salah satu silikat paling efektif untuk penyerapan aflatoksin, karena afinitasnya yang tinggi dan asosiasi yang stabil dengan aflatoksin B1 (33).
- Penggunaan sodium alumino-silikat, hydrated sodium calcium aluminosilicate, dan sodium bentonit dapat menyerap aflatoksin; namun, lempung pada umumnya hanya efektif terhadap mycotoksin dan tidak menunjukkan efek yang signifikan terhadap toksin yang berasal dari *Fusarium* dan *Penicillium*. Efek negatif yang mungkin timbul dari penggunaan lempung adalah menurunnya pemanfaatan mineral seperti mangan, seng, magnesium klorida, tembaga, dan natrium (13).
- Absorben berbasis mineral dan arang aktif umumnya digunakan dalam konsentrasi tinggi dalam pakan, yang menjadi kelemahan pada diet monogastrik dengan kepadatan nutrisi tinggi. Tingkat inklusi yang tinggi dapat menyebabkan kapasitas penyerap yang berlebihan, sehingga mengurangi bioavailabilitas mikronutrien penting (15).

Absorpsi melalui dinding sel Ragi (yeast)

Derivatif dinding sel ragi, terutama glukomanan termodifikasi, dapat menyerap kadar mikotoksin yang lebih tinggi pada tingkat inklusi yang lebih rendah dibandingkan dengan pengikat anorganik (27). Mekanisme kerja spesifik dari beberapa komponen dinding sel ragi menunjukkan bahwa aktivitasnya tidak memengaruhi ketersediaan mikronutrien. Glukomanan termodifikasi telah terbukti mampu mengikat toksin yang berasal dari *Fusarium*. Uji coba yang dilakukan dengan empat konsentrasi toksin T-2 (0, 0,5, 1,0 dan 2,0 mg/kg) dan dua konsentrasi preparat komersial glukomanan termodifikasi menunjukkan bahwa suplemen ini mampu membalikkan penurunan produksi telur akibat toksin T-2; efek ini paling jelas terlihat pada tingkat toksin T-2 tertinggi (2 mg/kg) (29). Ayam petelur yang diberi pakan terkontaminasi beberapa toksin *Fusarium* mengalami penurunan konsumsi pakan dan produksi telur; suplementasi dengan glukomanan termodifikasi mampu mencegah efek ini (11).

Biotransformasi

Detoksifikasi biologis oleh enzim dan/atau mikroorganisme mampu menguraikan mycotoksin di dalam saluran pencernaan sebelum diserap oleh tubuh hewan. Saat ini telah tersedia produk berbasis enzim dan mikroorganisme yang efektif dalam mentransformasi toksin spesifik seperti Fumonisin dan Trichothecenes menjadi metabolit yang tidak beracun.

RINGKASAN

- Mencegah pertumbuhan jamur pada tanaman di ladang, saat panen, dan selama penyimpanan bahan pakan serta pengolahan pakan.
- Gunakan metode mekanis untuk menghilangkan bahan terkontaminasi dari bahan pakan dan pertimbangkan penambahan inhibitor/pembunuh jamur.
- Implementasikan jadwal pengujian dan pemantauan mikotoksin. Hal ini penting tidak hanya dari segi penilaian risiko terhadap ternak, tetapi juga dari segi regulasi dan kesehatan manusia.
- Terapkan rencana pengambilan sampel yang tepat. Meningkatkan jumlah dan ukuran sampel yang diambil dari suatu batch dapat meningkatkan efektivitas pengujian dan peluang untuk mengidentifikasi batch yang terkontaminasi.
- Deteksi dan ukur konsentrasi jamur dan mikotoksin dalam bahan pakan, mengingat banyak mikotoksin sering terkontaminasi bersama-sama. Deteksi satu mikotoksin dapat menandakan adanya mikotoksin lain yang lebih beracun.
- Jika pakan ternak telah teridentifikasi terkontaminasi, bertindaklah sebelum ayam mengonsumsi pakan tersebut, bukan setelah ayam terpengaruh oleh racun.
- Buang dan ganti pakan atau gunakan toxin binder yang tepat atau agen bio transforming yang bekerja secara khusus yang sesuai dengan toxin yang dijumpai.
- Pantau kawanan ayam untuk mengetahui adanya gejala klinis mycotoxin ataupun performa ayam.

REFERENCES

1. Allen, N. K., Mirocha, C.J., Aakhus-Allen, S., Bitgood, J.J., Weaver, G., & Bates, F. (1981). Effect of Dietary Zearalenone on Reproduction of Chickens. *Poultry Science*, 60(6), 1165–1174.
2. *Avian Pathology*. (2015). 44(3):192-199.
3. Bartov, I., Paster, N., & Lisker, N. (1982). The Nutritional Value of Moldy Grains for Broiler Chicks. *Poultry Science*, 61(11), 2247–2254.
4. Bauwin, G. R. (1992). sampling inspection and grading of grain. In H. L. Ryan (Ed.), *Storage of Cereal Grains and their Products* (5th ed., p. 115). American Association of Cereal Chemists.115.
5. Bergsj, B., Herstad, O., & Nafstad, I. (1993). Effects of feeding deoxynivalenol-contaminated oats on reproduction performance in white leghorn hens. *British Poultry Science*, 34(1), 147–159.
6. Bothast, R. J., Lancaster, E. B., & Hesseltine, C. W. (1975). Scopulariopsis brevicaulis: Effect of pH and substrate on growth. *European Journal of Applied Microbiology*, 1(1), 55–66.
7. Boulton, S. L., Dick, J. W., & Hughes, B. L. (1982). Effects of Dietary Aflatoxin and Ammonia-Inactivated Aflatoxin on Newcastle Disease Antibody Titers in Layer-Breeders. *Avian Diseases*, 26(1), 1–6.
8. Campbell, A. D., Whitaker, T. B., Pohland, A. E., Dickens, J. W., & Park, D. L. (1986). Sampling, sample preparation, and sampling plans for foodstuffs for mycotoxin analysis. *Pure and Applied Chemistry*, 58(2), 305–314.
9. CAST (Council for Agricultural Science and Technology). (2003). Mycotoxin: Risks in plant, animal, and human systems. Ames, Iowa, USA.
10. Chen, S., Li, Y.-H., & Lin, M.-F. (2017). Chronic Exposure to the *Fusarium* Mycotoxin Deoxynivalenol: Impact on Performance, Immune Organ, and Intestinal Integrity of Slow-Growing Chickens. *Toxins*, 9(10), 334.
11. Chowdhury, S. R., & Smith, T. K. (2004). Effects of feeding blends of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on performance and metabolism of laying hens. *Poultry Science*, 83(11), 1849–1856.

12. Cortyl, M. (2008). Mycotoxins in animal nutrition—problems and solutions. <http://www.aquafeed.com/docs/fiaap2008/Cortyl.pdf>.
13. Devegowda, G., & Murthy, T. N. K. (2005). Mycotoxins: Their effects in poultry and some practical solutions. In D. Diaz (Ed.), *The Mycotoxin Blue Book* (pp. 45–46). Nottingham University Press.
14. Devegowda, G., & Murthy, T. N. K. (2008). Mycotoxins: Their effects in poultry and some practical solutions. In D. Diaz (Ed.), *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham University Press.
15. Diaz, D., & Smith, T.K. (2008). Mycotoxin sequestering agents: Practical tools for the neutralisation of mycotoxins. In D. Diaz (Ed.), *The Mycotoxin Blue Book* (Vol. 005, pp. 323–339). Nottingham University Press.
16. Diaz, G. J., Squires, E. J., Julian, R. J., & Boermans, H. J. (1994). Individual and combined effects of T-2 toxin and DAS in laying hens. *British Poultry Science*, i(3), 393–405.
17. Food and Agriculture Organization. (2001). Proposed draft revised sampling plan for total aflatoxin in peanuts intended for further processing. CODEX Alimentarius Commission (pp. 276–280).
18. Gimeno A., & Martins, M. L. (2012). Mycotoxins and Mycotoxicosis in Animals and Humans 2nd Ed. Special Nutrients Inc.
19. Hamilton, P.B. (1987). Why the animal industry worries about mycotoxins. Symposium on Recent Developments in the study of mycotoxins.
20. Hammond and Sumner. (2009). Treating Aflatoxin-Contaminated Corn with Ammonia. University of Georgia Cooperative Extension.
21. Harwig, J., & Scott, P. M. (1971). Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) Larvae as a Screening System for Fungal Toxins. *Applied Microbiology*, 21(6), 1011–1016.
22. Iheshiolor, O.O.M, Esonu, B.O., Chuwuka, O.K., Omede, A.A., Okoli, I.C., Ogbuewu, I.P. (2011). 15:129–144. .jscs.2010.06.006.
23. Jacobson, W. C., & Wiseman, H. G. (1974). The Transmission of Aflatoxin B1 into Eggs. *Poultry Science*, 53(5), 1743–1745.
24. Jewers, K. (1990). Mycotoxins and their effect on poultry production. *Options Méditerranéennes: Serie A*, 7:195–202.
25. Johansson, A., Whitaker, T., Hagler, W., Giesbrecht, F., & Young, J. (2000). Testing Shelled Corn for Aflatoxin, Part II: Modelling the Observed Distribution of Aflatoxin Test Results. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 83, 1270–1278.
26. Leeson, S., Diaz, G., & Summers, J. D. (1995). *Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins* (pp. 279). Adfo Books.
27. Mahesh, B.K. and G. Devegowda. (1996). Ability of aflatoxin binders to bind aflatoxin in contaminated poultry feeds – an in vitro study. In: *Proc. XX Worlds Poultry Congress* 4:296.
28. Malachová, A., Sulyok, M., Beltrán, E., Berthiller, F., & Krska, R. (2014). Optimization and validation of a quantitative liquid chromatography–tandem mass spectrometric method covering 295 bacterial and fungal metabolites including all regulated mycotoxins in four model food matrices. *Journal of Chromatography A*, 1362, 145–156.
29. Manoj, K. B., & Devegowda, G. (2001). Use of esterified glucomannan to reduce the effects of T-2 toxin in laying hens. In: *Proc. of The World Mycotoxin Forum, The Netherlands* (pp. 71).
30. Meyer, B., Ferrigni, N., Putnam, J., Jacobsen, L., Nichols, D., & McLaughlin, J. (1982). Brine Shrimp: A Convenient General Bioassay for Active Plant Constituents. *Planta Medica*, 45(05), 31–34.
31. Molinelli, A., Grossalber, K., & Krska, R. (2009). A rapid lateral flow test for the determination of total type B fumonisins in maize. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 395(5), 1309–1316.

32. Peng, X., Bai, S., Ding, X., Zeng, Q., Zhang, K., & Fang, J. (2015). Pathological changes in the immune organs of broiler chickens fed on corn naturally contaminated with aflatoxins B1 and B2. *Avian Pathology*, 44(3), 192–199.
33. Phillips, T., Kubena, L., Harvey, R., Taylor, D., & Heidelbaugh, N. (1988). Hydrated Sodium Calcium Aluminosilicate: A High Affinity Sorbent for Aflatoxin. *Poultry Science*, 67(2), 243–247.
34. Qureshi, M. A., Brake, J., Hamilton, P. B., Hagler, W. M., & Nesheim, S. (1998). Dietary exposure of broiler breeders to aflatoxin results in immune dysfunction in progeny chicks. *Poultry Science*, 77(6), 812–819.
35. Raju, M. V. L. N., & Devegowda, G. (2000). Influence of esterified-glucomannan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxicosis (aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin). *British Poultry Science*, 41(5), 640–650.
36. Raju, M. V. L. N., & Devegowda, G. (2002). Esterified-Glucomannan in Broiler Chicken Diets Contaminated with Aflatoxin, Ochratoxin and T-2 Toxin: Evaluation of its Binding Ability (in vitro) and Efficacy as Immunomodulator. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(7), 1051–1056.
37. Rodriguez, S., & Mahoney, N. (1994). Inhibition of Aflatoxin Production by Surfactants. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(1), 106–110.
38. Shirley, H.V. and S.H. Tohala. (1983). Ochratoxicosis in laying hens. 1982. *Annual Science Progress Report 83-08*. University of Tennessee Agriculture Experimental Station.
39. Shotwell, O.L., Goulden, M.L., Botast, R.J. & Hesseltine, C.W. (1975). Mycotoxins in hot spots in grains. 1 Aflatoxin and zearalenone occurrence in stored corn. *Cereal Chem.* 52:687.
40. Swamy, H.V.L.N., & Devegowda, G. (1998). Ability of Mycosorb to counteract aflatoxicosis in commercial broilers. *Indian J. Poult. Sci.* 33:273-278
41. Valchev, I., Marutsova, V., Zarkov, I., Genchev, A., & Nikolov, Y. (2017). Effects of aflatoxin B1 alone or co-administered with Mycotox NG on performance and humoral immunity of turkey broilers. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 20(1), 38–50.
42. Whitaker, T.B., Slate, A.B., & Johansson, A.S. (2005). In D. Diaz (Ed.), *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham University Press.
43. Whitaker, T.B., Slate, A.B., & Johansson, A.S. (2008). In D. Diaz (Ed.), *The Mycotoxin Blue Book* (pp. 1-23). Nottingham University Press.
44. Wyatt, R.D. (1979). Biological effects of mycotoxins (other than aflatoxin) on poultry. *Proceedings of the Symposium on Interactions of Mycotoxins in Animal Production, July 13*, Michigan State University, pp: 87-95.
45. Wyatt, R. D., Hamilton, P. B., & Burmeister, H. R. (1975). Altered Feathering of Chicks Caused by T-2 Toxin. *Poultry Science*, 54(4), 1042–1045.
46. Zaghini, A., Roncada, P., Anfossi, P., & Rizzi, L. (1998). Aflatoxin B1 oral administration to laying hens: effects on hepatic MFO activities and efficacy of a zeolite to prevent aflatoxicosis B1. *Rev. Med. Vet.* 149:668.

