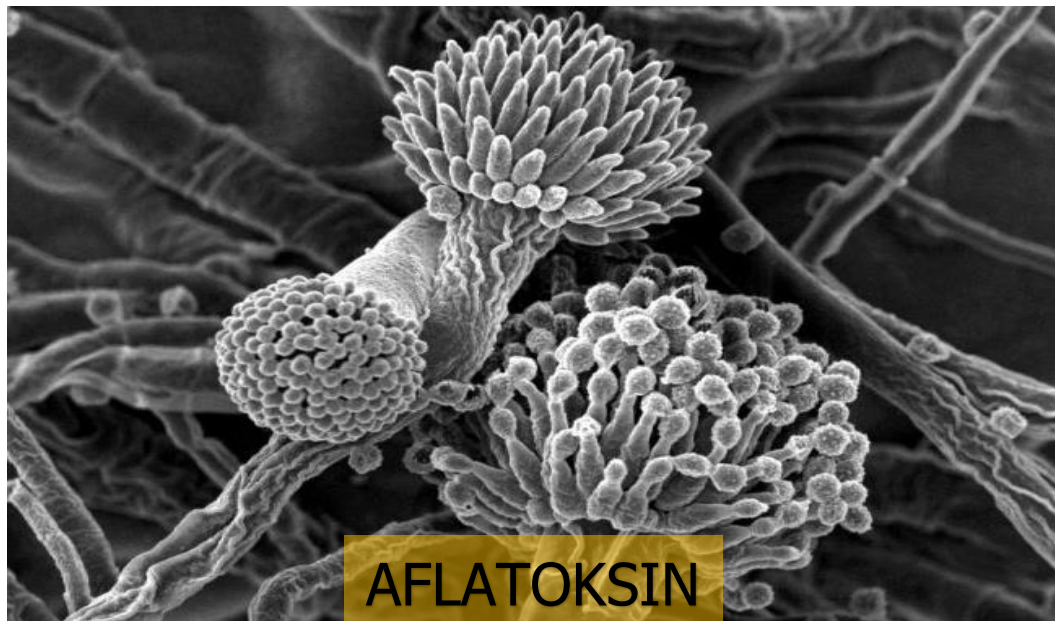


Mikotoksin: Ancaman Tersembunyi di Balik Pakan Ternak Modern

Oleh : Dayat Hermawan (Widyaiswara Madya – BBPKH Cinagara)



Sumber: <https://www.medion.co.id/info-medion/tantangan-mikotoksin-di-musim-penghujan/>

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pakan merupakan komponen utama dalam sistem produksi ternak yang sangat menentukan keberhasilan usaha peternakan. Lebih dari 60–70% biaya produksi dalam peternakan berasal dari penyediaan pakan, sehingga mutu dan keamanan pakan menjadi faktor krusial dalam menjaga kesehatan ternak, efisiensi produksi, serta kualitas produk hewan. Pakan yang berkualitas tinggi tidak hanya harus memenuhi kebutuhan nutrisi ternak, tetapi juga harus bebas dari kontaminan biologis maupun kimia, salah satunya adalah mikotoksin.

Mikotoksin merupakan senyawa toksik sekunder yang dihasilkan oleh berbagai jenis kapang, terutama dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*, yang dapat tumbuh dan berkembang pada bahan pakan, baik selama proses pra-panen, pasca-panen, maupun saat penyimpanan. Paparan mikotoksin dalam jumlah kecil sekalipun dapat menyebabkan berbagai gangguan metabolik, penurunan produktivitas, imunosupresi, gangguan reproduksi, hingga kematian pada ternak. Selain itu, keberadaan mikotoksin dalam rantai pakan dapat berdampak langsung pada keamanan pangan asal hewan melalui residu dalam susu, daging, atau telur.

Berbagai studi dan laporan menunjukkan bahwa kontaminasi mikotoksin dalam pakan ternak merupakan masalah yang bersifat global dan terjadi di berbagai belahan dunia, terutama di daerah tropis dan subtropis yang memiliki suhu dan kelembaban tinggi, seperti Indonesia. Di Indonesia, kejadian kontaminasi mikotoksin pada pakan kerap ditemukan pada bahan baku seperti jagung, dedak padi, dan bungkil kedelai, yang disimpan dalam kondisi kurang optimal. Berdasarkan hasil pemantauan beberapa laboratorium veteriner, ditemukan bahwa sejumlah sampel pakan ternak melebihi ambang batas mikotoksin yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI) maupun *Codex Alimentarius*.



Kondisi ini menjadi tantangan serius dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi peternakan nasional. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang sifat mikotoksin, dampaknya terhadap kesehatan dan produksi ternak, serta strategi deteksi dan pengendaliannya, sangat penting untuk dikembangkan dan disosialisasikan secara luas.

B. Hubungan Mikotoksin dan Produk Asal Ternak (Daging, Susu, Telur)

Selain berdampak pada performa ternak, kontaminasi mikotoksin juga memengaruhi keamanan pangan asal ternak. Beberapa mikotoksin, seperti aflatoksin dan ochratoxin, dapat terakumulasi dalam jaringan organ seperti hati, ginjal, bahkan otot pada tingkat tertentu, sehingga berpotensi menjadi residu yang merugikan kesehatan manusia jika tidak dikendalikan. Akumulasi ini menuntut penerapan pengendalian mikotoksin secara menyeluruh, mulai dari kualitas bahan baku pakan, proses ensilase yang benar, hingga penggunaan adsorben mikotoksin yang tepat. Dengan demikian, hubungan antara mikotoksin dan ruminansia penghasil daging bukan hanya berdampak pada efisiensi produksi, tetapi juga menjadi isu penting dalam menjaga kualitas dan keamanan produk daging yang dihasilkan.

Mikotoksin juga berdampak langsung pada keamanan produk susu. Aflatoksin B1 yang dikonsumsi melalui pakan dapat dimetabolisme menjadi aflatoksin M1 di dalam hati dan kemudian diekskresikan melalui susu. Kehadiran aflatoksin M1 dalam susu merupakan isu penting karena bersifat karsinogenik dan berbahaya bagi konsumen, sehingga konsentrasinya diawasi ketat oleh regulasi pangan internasional maupun nasional. Oleh karena itu, hubungan antara mikotoksin dan ternak penghasil susu tidak hanya berhenti pada penurunan kinerja produksi, tetapi juga berimplikasi langsung pada keamanan pangan dan reputasi produk susu. Manajemen pakan yang higienis, kontrol kualitas silase, serta penggunaan adsorben mikotoksin yang efektif menjadi kunci dalam meminimalkan risiko ini.

Mikotoksin memiliki implikasi langsung terhadap keamanan produk telur. Aflatoksin B1 yang tertelan oleh unggas dapat dimetabolisme menjadi aflatoksin M1 atau aflatoksin B1 residu, yang keduanya dapat terdeposit dalam kuning telur. Kehadiran residu mikotoksin dalam telur merupakan isu kesehatan masyarakat karena bersifat toksik dan berpotensi karsinogenik. Oleh karena itu, pengendalian mikotoksin dalam pakan unggas menjadi aspek penting dalam menjaga kuantitas dan kualitas telur sekaligus memastikan keamanan pangan. Upaya seperti pengeringan bahan pakan, penyimpanan yang baik, pemilihan bahan pakan bebas kapang, serta penggunaan mycotoxin binder sangat penting dilakukan untuk meminimalkan risiko kontaminasi.



II. PENGERTIAN MIKOTOKSIN

A. Definisi Mikotoksin

Mikotoksin adalah senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik, yang dihasilkan secara alami oleh jenis kapang (jamur mikroskopis) tertentu, terutama dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*. Senyawa ini bukan bagian dari kebutuhan metabolisme primer jamur, tetapi diproduksi sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang mendukung, seperti kelembaban tinggi, suhu hangat, keberadaan substrat organik, dan kurangnya sirkulasi udara. Mikotoksin dapat mencemari bahan pangan dan pakan, baik saat fase pra-panen di lapangan maupun pada tahap pasca-panen, pengolahan, dan penyimpanan.

Secara etimologis, istilah "mikotoksin" berasal dari bahasa Yunani, yaitu *mykes* yang berarti jamur, dan *toxikon* yang berarti racun. Dengan demikian, mikotoksin dapat dimaknai sebagai "racun yang berasal dari jamur." Tidak semua jamur menghasilkan mikotoksin, namun jamur penghasil mikotoksin dapat tumbuh secara luas pada bahan-bahan organik yang kaya nutrisi, seperti biji-bijian, dedak, bungkil, silase, maupun pakan komersial.

Jenis mikotoksin yang paling umum ditemukan dalam pakan ternak antara lain:

1. Aflatoksin (terutama Aflatoksin B1), dihasilkan oleh *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus*;
2. Zearalenon, dihasilkan oleh *Fusarium graminearum*, bersifat estrogenik;
3. Deoksinivalenol (DON) atau vomitoksin, yang dapat menyebabkan penurunan nafsu makan;
4. Fumonisin, yang sering terdapat pada jagung;
5. Ochratoksin A, yang bersifat nefrotoksik dan hepatotoksik.

Mikotoksin bersifat sangat stabil terhadap suhu tinggi dan proses pengolahan konvensional, sehingga sulit dihilangkan sepenuhnya dari bahan pakan yang telah terkontaminasi. Efek toksik mikotoksin terhadap ternak dapat bersifat akut (menimbulkan keracunan langsung) maupun kronis (melalui akumulasi jangka panjang), serta sangat tergantung pada jenis mikotoksin, kadar cemarannya, lama paparan, dan spesies ternak yang terpapar.

Selain menimbulkan gangguan kesehatan dan penurunan produktivitas pada ternak, mikotoksin juga dapat mencemari produk hewani seperti susu, daging, dan telur jika tidak ditangani dengan baik. Hal ini menjadikan mikotoksin sebagai salah satu isu penting dalam sistem keamanan pangan dari hulu ke hilir, serta menjadi perhatian global dalam perdagangan bahan pangan dan pakan.

B. Jenis-jenis Utama Mikotoksin dalam Pakan Ternak

Mikotoksin yang mencemari pakan ternak sangat beragam, namun beberapa jenis memiliki prevalensi dan dampak signifikan terhadap kesehatan dan produktivitas ternak. Lima jenis utama mikotoksin yang paling sering ditemukan dalam bahan pakan di berbagai wilayah, termasuk Indonesia, adalah **Aflatoksin**, **Ochratoksin**, **Fumonisin**, **Zearalenon**, dan **Deoksinivalenol (DON)**. Masing-masing mikotoksin memiliki karakteristik toksikologi, sumber jamur penghasil, dan dampak yang berbeda pada ternak.

1. Aflatoksin

Aflatoksin merupakan mikotoksin yang paling dikenal dan paling berbahaya, terutama **Aflatoksin B1**, yang memiliki efek hepatotoksik, karsinogenik, mutagenik, dan immunosupresif. Aflatoksin diproduksi oleh jamur *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*, yang tumbuh optimal pada suhu tinggi dan kelembaban relatif tinggi (>70%).



Kontaminasi umum terjadi pada bahan pakan seperti jagung, kacang tanah, biji kapas, dan produk olahannya.

Dampak pada ternak antara lain:

- Penurunan nafsu makan dan pertumbuhan
- Kerusakan hati
- Penurunan imunitas
- Residual aflatoksin M1 dalam susu (pada sapi perah), yang berdampak pada keamanan pangan

2. *Ochratoxin*

Ochratoxin, terutama **Ochratoxin A (OTA)**, diproduksi oleh *Aspergillus ochraceus* dan *Penicillium verrucosum*. Mikotoksin ini bersifat *nefrotoksik* (merusak ginjal), hepatotoksik, dan dapat menekan sistem imun. Sumber kontaminasi umum mencakup gandum, jelai, jagung, dan pakan campuran yang disimpan dalam kondisi lembab.

Dampak pada ternak meliputi:

- Penurunan pertambahan bobot badan
- Kerusakan ginjal kronis
- Gangguan sistem kekebalan
- Penurunan produksi telur dan susu

3. *Fumonisin*

Fumonisin, terutama **Fumonisin B1**, diproduksi oleh *Fusarium verticillioides* dan *F. proliferatum*, yang tumbuh pada jagung dan hasil olahannya. Fumonisin dikaitkan dengan gangguan sistem saraf dan organ vital.

Efek toksik utama:

- Pada babi: menyebabkan porcine pulmonary edema (edema paru babi)
- Pada kuda: menimbulkan leukoencephalomalacia (kerusakan otak)
- Pada unggas: penurunan performa pertumbuhan
- Pada ruminansia: relatif lebih tahan, tetapi efek jangka panjang tetap merugikan

4. *Zearalenon*

Zearalenon (ZEN) dihasilkan oleh *Fusarium graminearum* dan *F. culmorum*, dan dikenal sebagai mikotoksin yang memiliki aktivitas estrogenik. ZEN sering mencemari jagung, gandum, sorgum, dan silase.

Dampak utama:

- Gangguan sistem reproduksi (terutama pada babi dan sapi betina)
- Pembengkakan vulva, gangguan siklus estrus
- Penurunan fertilitas
- Efek pada kualitas sperma (pada jantan)

5. *Deoxynivalenol (DON)*

Deoxynivalenol (DON), juga dikenal sebagai **vomitoksin**, dihasilkan oleh *Fusarium graminearum* dan *F. culmorum*. DON banyak ditemukan pada biji-bijian seperti jagung, gandum, dan barley, terutama di daerah beriklim lembap.

Efek pada ternak:

- Penurunan nafsu makan dan konsumsi pakan
- Penurunan efisiensi pakan dan bobot badan
- Imunosupresi ringan
- Pada konsentrasi tinggi, dapat menyebabkan muntah (terutama pada babi).

C. Sumber Mikotoksin (*Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*)

Mikotoksin merupakan produk metabolit sekunder yang dihasilkan oleh kelompok jamur mikroskopis tertentu yang tumbuh pada bahan pangan dan pakan dalam kondisi lingkungan tertentu. Tiga genus utama jamur yang diketahui sebagai penghasil mikotoksin



penting dalam dunia peternakan adalah *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*. Ketiganya memiliki karakteristik ekologi dan kondisi pertumbuhan yang berbeda, yang memengaruhi jenis mikotoksin yang dihasilkan serta waktu dan tempat kontaminasinya terjadi (pra-panen atau pasca-panen).

1. Jamur *Aspergillus*

Genus *Aspergillus* banyak ditemukan di daerah tropis dan subtropis dengan suhu tinggi dan kelembaban relatif tinggi, seperti di Indonesia. *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus* adalah dua spesies utama yang menghasilkan aflatoksin, khususnya **Aflatoksin B1** yang bersifat sangat *karsinogenik*.

Kontaminasi oleh jamur ini umumnya terjadi pada bahan pakan seperti jagung, kacang tanah, biji kapas, dan bahan organik lain yang disimpan dalam kondisi lembab dan berventilasi buruk. Pertumbuhan *Aspergillus* dapat terjadi selama penyimpanan (fase pasca-panen), sehingga pengelolaan gudang dan kelembaban sangat penting untuk mencegah cemaran.

2. Jamur *Fusarium*

Genus *Fusarium* lebih umum ditemukan pada fase pra-panen, terutama pada tanaman biji-bijian seperti jagung, gandum, sorgum, dan barley. Jamur ini berkembang pada kondisi iklim sedang hingga tropis dengan kelembaban tinggi selama masa pertumbuhan tanaman. Spesies utama penghasil mikotoksin dari genus ini meliputi:

- *Fusarium graminearum* → menghasilkan **zearalenon (ZEN) dan deoksinivalenol (DON)**
- *Fusarium verticillioides* dan *F. proliferatum* → menghasilkan **fumonisin**.

Jamur *Fusarium* tumbuh pada jaringan tanaman yang rusak atau stres, dan infeksi dapat dimulai di lahan sebelum panen. Mikotoksin dari genus ini sulit dikendalikan karena terbentuk sejak tanaman di lapangan, sehingga strategi pengendalian perlu dilakukan mulai dari budidaya hingga pasca-panen.

3. Jamur *Penicillium*

Genus *Penicillium* umumnya ditemukan di daerah beriklim sedang dan berkembang pada suhu lebih rendah dibanding *Aspergillus*. *Penicillium verrucosum* merupakan spesies utama yang menghasilkan **ochratoksin A (OTA)**. Kontaminasi biasanya terjadi selama penyimpanan bahan pakan yang lembap dan kurang sirkulasi udara, seperti pada biji-bijian, silase, dan pakan jadi.

Ochratoxin dari *Penicillium* bersifat nefrotoksik dan bersifat stabil pada suhu tinggi, sehingga tidak mudah dihancurkan dalam proses pengolahan pakan. Oleh karena itu, pengendalian *Penicillium* menuntut sistem penyimpanan yang kering, sejuk, dan terkontrol.

D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Mikotoksin

Pembentukan mikotoksin dalam bahan pakan tidak terjadi secara acak, melainkan dipengaruhi oleh serangkaian faktor lingkungan, biologis, dan teknis, baik pada tahap pra-panen (di lahan) maupun pasca-panen (selama proses pengolahan dan penyimpanan). Pemahaman terhadap faktor-faktor ini sangat penting untuk mengidentifikasi titik-titik kritis dalam rantai produksi pakan serta menerapkan langkah-langkah pencegahan yang tepat.

Berikut adalah beberapa faktor utama yang memengaruhi pembentukan mikotoksin:

1. Iklim dan Kondisi Lingkungan

Kondisi iklim merupakan faktor dominan dalam mendukung pertumbuhan jamur penghasil mikotoksin. Suhu dan kelembaban tinggi, yang umum terjadi di daerah tropis seperti Indonesia, menciptakan lingkungan ideal bagi pertumbuhan jamur dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*. Misalnya:

- *Aspergillus* tumbuh optimal pada suhu $\geq 30^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif tinggi.



- *Fusarium* berkembang di lapangan saat musim hujan dengan kelembaban tanah tinggi.
- Perubahan cuaca ekstrem juga dapat menyebabkan stres tanaman, sehingga lebih rentan terhadap infeksi jamur.

2. Kelembaban Bahan dan Lingkungan

Kelembaban merupakan faktor kunci dalam pembentukan mikotoksin, baik di lahan maupun selama penyimpanan. Bahan pakan seperti jagung, dedak, atau bungkil dengan kadar air di atas 13–14% sangat rentan terhadap pertumbuhan jamur. Selain kadar air bahan, kelembaban relatif (*relative humidity*) dalam ruang penyimpanan juga memengaruhi aktivitas kapang. Kelembaban >70% dalam gudang dapat memicu pertumbuhan *Aspergillus* dan *Penicillium* secara signifikan.

3. Suhu Penyimpanan

Suhu tinggi mempercepat metabolisme jamur dan mempercepat produksi mikotoksin. Idealnya, pakan dan bahan bakunya disimpan pada suhu di bawah 25°C. Pada suhu di atas 30°C, kombinasi dengan kelembaban tinggi akan mempercepat kontaminasi, terutama oleh aflatoxin. Ventilasi dan sirkulasi udara yang buruk memperparah masalah ini.

4. Kerusakan Fisik pada Tanaman atau Bahan Baku

Luka atau kerusakan fisik akibat serangan hama, panen yang tidak tepat, atau gesekan mekanis membuka jalan bagi masuknya spora jamur. Biji yang retak atau pecah lebih mudah ditumbuhi jamur. Oleh karena itu, pengelolaan panen dan pascapanen yang baik sangat penting untuk mengurangi peluang infeksi.

5. Lama Penyimpanan

Semakin lama bahan pakan disimpan, terutama dalam kondisi yang tidak terkendali, maka peluang kontaminasi mikotoksin akan semakin besar. Dalam penyimpanan jangka panjang, perubahan suhu dan kelembaban yang fluktuatif dapat menciptakan kondisi kondensasi air, yang mendorong pertumbuhan kapang.

6. Komposisi dan Jenis Bahan Pakan

Beberapa bahan pakan lebih rentan terhadap mikotoksin dibanding yang lain. Misalnya:

- Jagung, gandum, dan sorgum sangat rentan terhadap *aflatoxin* dan *fumonisin*.
- Silase yang tidak terfermentasi secara optimal juga berisiko tinggi mengandung mikotoksin.
- Bungkil kelapa atau kedelai yang tidak dikeringkan sempurna bisa menjadi media tumbuh jamur.

7. Sanitasi dan Biosekuriti Gudang

Kebersihan gudang penyimpanan sangat memengaruhi risiko mikotoksin. Kehadiran sisa pakan lama, infestasi hama gudang (tikus, serangga), serta kurangnya kontrol ventilasi, sangat mendukung pertumbuhan jamur. Gudang yang tidak dibersihkan secara rutin dapat menjadi tempat berkembangnya spora jamur yang kemudian mencemari bahan baru.

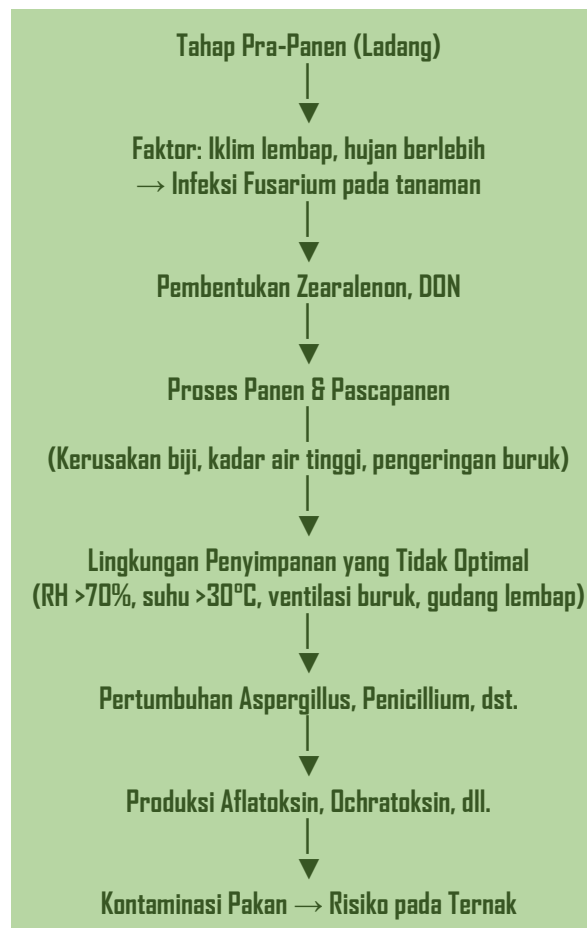
Tabel 1. Risiko Pembentukan Mikotoksin Berdasarkan Faktor-Faktor Pemicu

Faktor	Kondisi Risiko Tinggi	Jenis Mikotoksin yang Umum Terbentuk	Catatan
Iklim	Tropis, suhu >30°C, musim hujan	Aflatoxin, Fumonisin, Zearalenon, DON	Indonesia termasuk wilayah berisiko tinggi
Kelembaban Bahan	Kadar air >14% pada jagung/dedak	Aflatoxin, OTA, Fumonisin	Pemicu utama pertumbuhan jamur pada pakan



Faktor	Kondisi Risiko Tinggi	Jenis Mikotoksin yang Umum Terbentuk	Catatan
Kelembaban Gudang	RH >70%, sirkulasi udara buruk	Aflatoksin, OTA, <i>Penicillium</i> spp.	Pentingnya kontrol ventilasi
Suhu Penyimpanan	Suhu >30°C dan fluktuasi suhu harian	Aflatoksin, Ochratoxin	Suhu tinggi + lembap mempercepat kontaminasi
Kerusakan Biji/Pakan	Biji pecah, luka akibat hama atau panen	Fumonisin, Zearalenon, DON	Mempercepat masuknya spora jamur
Lama Penyimpanan	>3 bulan tanpa pengawasan kondisi gudang	Aflatoksin, OTA, Fumonisin	Kontaminasi bertahap dan kumulatif
Jenis Bahan Pakan	Jagung, dedak, silase, bungkil kedelai	Aflatoksin, Zearalenon, DON, OTA	Beberapa bahan bersifat sangat rentan
Sanitasi Gudang	Banyak residu, sarang tikus, serangga, jamur dinding	Semua jenis mikotoksin	Sanitasi buruk = risiko tinggi

Diagram Alur Pembentukan Mikotoksin dalam Pakan Ternak



Catatan:

- ✓ Kombinasi kelembaban + suhu tinggi adalah pemicu utama.
- ✓ Mikotoksin tidak bisa dihilangkan sepenuhnya setelah terbentuk, sehingga **pencegahan jauh lebih efektif** dibandingkan penanggulangan.
- ✓ Monitoring kadar air dan suhu gudang sangat disarankan.



III. DAMPAK MIKOTOKSIN TERHADAP TERNAK

A. Dampak Subklinis dan Klinis

Paparan mikotoksin dalam pakan ternak dapat menimbulkan berbagai dampak negatif yang bervariasi tergantung pada jenis mikotoksin, kadar kontaminasi, durasi paparan, serta spesies dan umur ternak. Dampak tersebut secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dampak subklinis, yang sering tidak langsung terlihat, namun merugikan dalam jangka panjang, dan dampak klinis yang nyata dan mudah diamati. Beberapa dampak utama yang sering terjadi akibat kontaminasi mikotoksin meliputi:

1. Penurunan Nafsu Makan

Penurunan konsumsi pakan merupakan salah satu gejala awal dan paling umum akibat paparan mikotoksin seperti *Deoksinivalenol (DON)* atau *vomitoksin*. Senyawa ini bekerja pada sistem saraf pusat dan menimbulkan sensasi mual, sehingga ternak mengurangi jumlah pakan yang dikonsumsi. Akibatnya, efisiensi pakan menurun dan performa pertumbuhan terganggu. Efek ini bisa bersifat akut maupun kronis, dan berkontribusi pada peningkatan FCR (*Feed Conversion Ratio*), terutama pada unggas dan babi.

2. Gangguan Pertumbuhan

Akumulasi mikotoksin, baik dalam jumlah rendah maupun tinggi, dapat menghambat metabolisme nutrisi, mengganggu fungsi hati, dan merusak jaringan saluran pencernaan. Hal ini menyebabkan terganggunya penyerapan nutrisi esensial seperti protein, vitamin, dan mineral. Ternak muda sangat rentan mengalami penurunan laju pertumbuhan dan bobot badan harian yang tidak optimal. Mikotoksin seperti aflatoksin dan fumonisin berkontribusi terhadap penurunan performa ini melalui kerusakan sistem pencernaan dan gangguan fungsi hati.

3. Imunosupresi

Beberapa jenis mikotoksin, seperti *aflatoksin* dan *ochratoxin*, diketahui memiliki efek imunosupresif, yaitu menurunkan respons sistem kekebalan tubuh. Paparan kronis terhadap mikotoksin dapat mengganggu produksi antibodi, aktivitas sel fagosit, serta menurunkan fungsi organ limfoid seperti limpa dan kelenjar *thymus*. Akibatnya, ternak menjadi lebih rentan terhadap infeksi sekunder seperti penyakit bakterial, virus, dan parasit. Kondisi ini sering kali tidak disadari secara langsung, tetapi menyebabkan peningkatan angka morbiditas, mortalitas, dan biaya pengobatan.

4. Gangguan Reproduksi

Mikotoksin juga dapat menyebabkan gangguan fungsi reproduksi, baik pada ternak jantan maupun betina. *Zearalenon*, yang bersifat *estrogenik*, dapat mengganggu keseimbangan hormon reproduksi dan menyebabkan gejala **hiperestrogenisme**. Dampaknya meliputi pembengkakan vulva, gangguan siklus estrus, penurunan fertilitas, kegagalan kebuntingan, hingga keguguran. Pada ternak jantan, *zearalenon* dan *aflatoksin* dapat menurunkan kualitas semen dan fungsi testis, sehingga menurunkan keberhasilan program pembibitan. Gangguan ini sangat merugikan terutama pada sistem peternakan pembibitan dan produksi susu.

Tabel 2. Ringkasan Dampak Mikotoksin pada Ternak

Jenis Mikotoksin	Jamur Penghasil	Organ Target Utama	Dampak Utama	Ternak Paling Rentan
Aflatoksin (AF)	<i>Aspergillus flavus</i>	Hati, sistem imun	Hepatotoksik, imunosupresi, gangguan pertumbuhan, residu dalam produk hewan	Unggas, sapi perah, babi



Jenis Mikotoksin	Jamur Penghasil	Organ Target Utama	Dampak Utama	Ternak Paling Rentan
Ochratoxin (OTA)	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>	Ginjal, sistem imun	Nefrotoksik, imunosupresi, penurunan performa produksi	Unggas, babi, ruminansia
Fumonisin (FUM)	<i>Fusarium verticillioides</i>	Paru, hati, sistem saraf	Gangguan respirasi, hepatotoksik, gangguan sistem saraf	Babi, kuda, unggas
Zearalenon (ZEN)	<i>Fusarium graminearum</i>	Sistem reproduksi	Efek estrogenik, gangguan estrus, fertilitas menurun	Babi, sapi perah
Deoksinivalenol (DON)	<i>Fusarium spp.</i>	Saluran pencernaan, sistem imun	Penurunan nafsu makan, muntah, imunosupresi	Babi, unggas, sapi muda

Jenis Mikotoksin vs Organ Target Utama (Jamur-Target-Dampak-Ternak)

Aflatoksin (AF)  <i>Aspergillus flavus</i>  Hati, sistem imun  Imunosupresi kanker hati  Unggas, sapi, babi	Ochratoxin (OTA)  <i>Penicillium spp.</i>  Ginjal, sistem imun  Nefrotoksik, turunya imunitas  Babi, unggas, ruminansia
Fumonisin (FUM)  <i>Fusarium spp.</i>  Paru-paru, sistem saraf  Edema paru, gangguan saraf  Babi, kuda, unggas	Zearalenon (ZEN)  <i>Fusarium spp.</i>  Organ reproduksi  Hiperestrogenisme  Babi, sapi
Deoksinivalenol (DON)  <i>Fusarium spp.</i>  Penurunan konsumsi pakan	



B. Dampak Mikotoksin Berdasarkan Jenis Ternak

Mikotoksin memberikan dampak yang bervariasi tergantung pada spesies ternak, karena perbedaan fisiologis, metabolisme, dan sensitivitas masing-masing hewan. Beberapa jenis ternak menunjukkan respons klinis maupun subklinis yang khas terhadap kontaminasi mikotoksin, yang memengaruhi produktivitas dan kesehatan secara signifikan.

1. Unggas (*Broiler dan Layer*)

Unggas termasuk kelompok hewan yang sangat sensitif terhadap **mikotoksin, terutama aflatoksin, ochratoksin, fumonisin, dan DON**.

- **Broiler:** Mikotoksin menyebabkan penurunan pertumbuhan bobot badan, konversi pakan yang buruk, dan imunosupresi, yang meningkatkan risiko infeksi sekunder. Pada kasus kronis, dapat terjadi kerusakan hati dan ginjal.
- **Layer:** Mengalami penurunan produksi telur, penurunan kualitas cangkang, serta gangguan reproduksi dan fertilitas. Kandungan mikotoksin juga berpotensi terbawa dalam produk telur jika paparan kronis.

2. Ruminansia (*Sapi dan Kambing*)

Ruminansia dewasa relatif lebih tahan terhadap beberapa mikotoksin karena aktivitas mikroba rumen yang mampu mendetoksifikasi sebagian toksin. Namun, pada kadar tinggi atau pada hewan muda, **aflatoksin, zearalenon, dan ochratoksin** tetap berdampak serius.

- **Sapi perah:** Mengalami penurunan produksi susu, masalah kesuburan, serta risiko aflatoksikosis yang dapat memengaruhi kualitas dan keamanan susu (aflatoksin M1).
- **Sapi potong dan kambing:** Menunjukkan penurunan konsumsi pakan, penurunan performa pertumbuhan, dan gangguan kesehatan secara umum. Pada kambing bunting, zearalenon dapat menyebabkan gangguan reproduksi.

3. Babi

Babi adalah spesies yang paling rentan terhadap berbagai jenis mikotoksin, terutama **zearalenon, DON, dan fumonisin**.

- **Babi betina:** Zearalenon menyebabkan gangguan hormonal seperti vulva bengkak, pubertas dini, infertilitas, dan gangguan siklus estrus.
- **Anak babi dan babi muda:** Sangat sensitif terhadap DON dan fumonisin, yang mengakibatkan muntah, penurunan nafsu makan, gangguan saraf, dan kerusakan paru-paru (*edema pulmoner*).
- **Babi dewasa:** Meskipun lebih tahan, tetap berisiko mengalami kerusakan organ, imunosupresi, dan penurunan performa reproduksi jika terpapar kronis.

C. Residu Mikotoksin dalam Produk Hewan (Susu, Daging, dan Telur)

Keberadaan mikotoksin dalam pakan ternak tidak hanya berdampak pada kesehatan dan produktivitas hewan, tetapi juga menimbulkan risiko serius terhadap keamanan pangan. Salah satu isu penting yang menjadi perhatian global adalah residu mikotoksin dalam produk asal hewan seperti susu, daging, dan telur, yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika dikonsumsi secara berkelanjutan.

1. Susu

Mikotoksin, terutama **aflatoksin B1**, yang dikonsumsi oleh sapi perah akan diubah di dalam tubuh menjadi **aflatoksin M1**—senyawa metabolit yang bersifat karsinogenik dan dapat dikeluarkan melalui susu. Aflatoksin M1 *tidak hilang melalui proses pasteurisasi atau pemanasan biasa*, sehingga tetap berpotensi membahayakan konsumen. Negara-negara seperti Uni Eropa dan Indonesia telah menetapkan ambang batas maksimum aflatoksin M1 dalam susu, karena efeknya yang kronis terhadap kesehatan manusia, terutama anak-anak.



2. Daging

Residu mikotoksin dalam daging umumnya berasal dari akumulasi mikotoksin dalam jaringan hewan, terutama *hati, ginjal, dan lemak*. Meskipun konsentrasi mikotoksin dalam daging relatif lebih rendah dibandingkan susu, beberapa studi menunjukkan bahwa paparan kronis melalui konsumsi daging dari hewan yang terpapar mikotoksin, terutama *ochratoxin A* dan *fumonisin*, dapat menimbulkan efek nefrotoksik dan karsinogenik pada manusia. Hal ini menjadi perhatian pada sistem peternakan intensif dengan pakan berbasis jagung atau gandum yang rentan terkontaminasi.

3. Telur

Pada unggas petelur, mikotoksin seperti aflatoksin juga dapat bermigrasi ke dalam telur, terutama pada kuning telur. Selain itu, konsumsi mikotoksin dalam jangka panjang dapat menurunkan kualitas telur, baik dari segi ukuran, berat, maupun integritas cangkang. Telur yang berasal dari ayam yang diberi pakan tercemar mikotoksin tidak hanya berpotensi mengandung residu toksin, tetapi juga dapat mencerminkan status kesehatan unggas tersebut secara umum.

Implikasi terhadap Keamanan Pangan

Keberadaan residu mikotoksin dalam produk hewan menjadi tantangan besar dalam sistem rantai pangan. Pengawasan ketat terhadap kualitas pakan, penerapan sistem HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), dan edukasi kepada peternak sangat diperlukan untuk **mencegah akumulasi mikotoksin** dalam rantai pangan dari hulu ke hilir.

Deteksi dini, penerapan batas maksimum residu, serta pengendalian kontaminasi mikotoksin merupakan langkah penting untuk melindungi kesehatan masyarakat dan menjamin mutu produk hewan yang aman konsumsi.

Tabel 3. Jalur Kontaminasi Mikotoksin dari Pakan ke Produk Hewan

Sumber Mikotoksin	Jenis Mikotoksin Umum	Hewan Ternak	Organ Target / Efek Utama	Produk Hewan yang Terkontaminasi	Jenis Residu
Pakan Tercemar Jagung	Aflatoxin B1	Sapi perah, unggas	Hati, sistem imun, ginjal	Susu, telur	Aflatoxin M1
Dedak gandum/bijian	Deoksinivalenol (DON)	Babi, unggas	Saluran pencernaan, sistem imun	Daging babi, telur	DON (residu rendah)
Pakan fermentasi rusak	Ochratoxin A	Sapi, babi, ayam	Ginjal, hati, sistem saraf	Daging (ginjal, hati), telur	Ochratoxin A
Biji-bijian busuk	Fumonisin B1, B2	Babi, unggas	Paru-paru, hati, sistem saraf	Daging babi, telur	Fumonisin (jejak)
Pakan berbasis kedelai	Zearalenon	Babi betina, sapi, unggas	Sistem reproduksi	Daging, telur	Zearalenon

Alur Singkat Kontaminasi Mikotoksin:

A [Pakan Tercemar Mikotoksin] → B [Dikonsumsi Ternak]

B → C[Penyerapan di Saluran Cerna]

C → D[Penyebaran ke Organ Target]

D → E[Akumulasi Mikotoksin atau Metabolit]

E → F[Ekskresi melalui Susu, Telur, atau Jaringan Daging]



IV. DETEKSI DAN ANALISIS MIKOTOKSIN

A. Metode Deteksi Mikotoksin: ELISA dan Kromatografi

Deteksi mikotoksin dalam bahan pakan dan produk hewan merupakan langkah penting dalam pengawasan mutu dan keamanan pangan. Karena mikotoksin dapat hadir dalam jumlah sangat kecil namun tetap bersifat toksik, maka diperlukan metode analisis yang sensitif, akurat, dan spesifik. Dua pendekatan utama yang umum digunakan adalah ELISA dan kromatografi, termasuk HPLC dan LC-MS/MS.

1. ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*)

ELISA merupakan metode **imunologis** berbasis antigen-antibodi yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan mikotoksin secara **cepat dan kuantitatif**. Teknik ini bekerja dengan menggunakan antibodi yang spesifik terhadap jenis mikotoksin tertentu, yang kemudian menghasilkan reaksi warna sebagai indikator keberadaan toksin.

Keunggulan ELISA:

- Cepat dan relatif mudah digunakan
- Tidak memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks.
- Dapat digunakan sebagai uji saring (*screening test*) dalam jumlah sampel besar.
- Biaya relatif lebih rendah dibanding metode kromatografi.

Keterbatasan:

- Kurang akurat untuk penentuan konsentrasi yang sangat presisi.
- Risiko *cross-reactivity* dengan senyawa lain yang mirip secara kimia.

2. HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*)

HPLC atau kromatografi cair kinerja tinggi merupakan metode fisikokimia yang memisahkan senyawa berdasarkan interaksi antara fase diam dan fase gerak. Dalam konteks mikotoksin, HPLC sangat efektif untuk **mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi** toksin secara akurat.

Keunggulan HPLC:

- Sensitivitas dan akurasi tinggi.
- Dapat digunakan untuk mengukur berbagai jenis mikotoksin secara simultan.
- Cocok untuk analisis konfirmasi (*confirmation test*).

Keterbatasan:

- Memerlukan peralatan canggih dan operator terlatih.
- Waktu analisis lebih lama dibanding ELISA.
- Biaya lebih mahal.

3. LC-MS/MS (*Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry*)

LC-MS/MS adalah metode kromatografi cair yang digabungkan dengan spektrometri massa ganda, yang merupakan **teknik paling canggih dan sensitif** untuk deteksi mikotoksin. Teknik ini memungkinkan identifikasi dan kuantifikasi mikotoksin secara **sangat spesifik**, bahkan pada kadar sangat rendah (ng/kg).

Keunggulan LC-MS/MS:

- Akurasi dan sensitivitas paling tinggi.
- Mampu mendeteksi banyak mikotoksin sekaligus (multi-mikotoksin).
- Sangat cocok untuk keperluan riset dan regulasi.

Keterbatasan:

- Biaya investasi dan operasional tinggi.
- Membutuhkan laboratorium dengan fasilitas lengkap dan personel ahli.

B. Sampling dan Penyimpanan Sampel yang Benar dalam Analisis Mikotoksin

Deteksi mikotoksin dalam pakan dan bahan pangan hewani sangat bergantung pada keakuratan proses pengambilan sampel (*sampling*) dan penanganan pasca-



sampling, termasuk penyimpanan. Mengingat mikotoksin cenderung tersebar tidak merata (heterogen) dalam pakan, maka prosedur sampling yang benar sangat krusial agar hasil analisis benar-benar mewakili kondisi sesungguhnya.

1. Prinsip Pengambilan Sampel (*Sampling*)

Sampling bertujuan untuk memperoleh bagian kecil dari keseluruhan lot (partai pakan) yang representatif, artinya mencerminkan sebaran mikotoksin di seluruh volume pakan atau bahan yang diperiksa.

Beberapa prinsip penting dalam pengambilan sampel mikotoksin:

- Gunakan teknik stratifikasi dan penggabungan: Ambil sampel dari berbagai titik (atas, tengah, bawah, tepi) dari tumpukan atau wadah.
- Jumlah sub-sampel mencukupi: Misalnya, ambil 10–100 sub-sampel yang kemudian dicampur menjadi satu sampel komposit.
- Berat total sampel komposit disesuaikan dengan metode analisis (biasanya 1–2 kg).
- Gunakan alat sampling bersih dan tidak reaktif (logam tahan karat, plastik bebas pelarut).
- Hindari kontaminasi silang antar sampel.

2. Pengemasan dan Penyimpanan Sampel

Setelah pengambilan, sampel harus segera dikemas dan disimpan dalam kondisi yang menghambat pertumbuhan jamur dan degradasi mikotoksin. Mikotoksin yang sudah terbentuk memang stabil, tetapi pertumbuhan jamur baru dapat menambah kontaminasi. Panduan penyimpanan sampel mikotoksin:

- Gunakan wadah tertutup rapat, berbahan kedap udara dan cahaya (misalnya kantong plastik polietilen berlapis aluminium atau botol gelap).
- Simpan di tempat sejuk dan kering ($<15^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $<70\%$), atau di lemari pendingin ($\leq 4^{\circ}\text{C}$) untuk durasi lebih lama.
- Hindari paparan cahaya langsung, panas berlebih, dan kelembaban tinggi, karena dapat mempercepat pertumbuhan jamur lanjutan.

Labeli sampel secara jelas (kode, tanggal, lokasi sampling, jenis pakan/hewan).

3. Pengiriman Sampel

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan jika sampel mikotoksin akan dikirim ke laboratorium, yaitu:

- Gunakan wadah yang tahan guncangan dan suhu.
- Bila perlu, kirim menggunakan *cool box* dengan es kering.
- Sertakan formulir identitas sampel dan permintaan analisis secara lengkap.

Kualitas data analisis mikotoksin sangat ditentukan sejak proses awal, yaitu pengambilan dan penyimpanan sampel. Tanpa proses sampling yang representatif dan penanganan yang tepat, hasil analisis bisa menyesatkan dan berdampak pada salah keputusan, baik dalam pengendalian mutu maupun keamanan pangan. Oleh karena itu, standar operasional sampling dan storage harus menjadi bagian integral dalam sistem monitoring mikotoksin.

C. Baku Mutu Mikotoksin Menurut SNI, FAO, dan Uni Eropa

Pengendalian risiko mikotoksin dalam rantai pangan dan pakan memerlukan adanya standar atau baku mutu yang jelas dan mengikat secara regulatif. Baku mutu ini dirancang untuk melindungi kesehatan hewan dan manusia, serta menjamin mutu produk hasil ternak. Tiga referensi utama yang sering digunakan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI), *Food and Agriculture Organization* (FAO), dan Uni Eropa (*EU Regulation*).

1. Standar Nasional Indonesia (SNI)

Di Indonesia, baku mutu mikotoksin diatur oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) melalui SNI dan diperkuat oleh Peraturan Badan POM.



Contoh baku mutu aflatoksin dalam pakan menurut SNI 01-4483-1998 (Pakan Ternak):

- Aflatoksin total (B1 + B2 + G1 + G2) maksimum:
 - 50 ppb (*parts per billion*) untuk pakan ternak secara umum.
 - 20 ppb untuk pakan anak ayam atau anak sapi.
- Aflatoksin B1 maksimum dalam pakan sapi perah: 20 ppb

Peraturan ini bertujuan untuk mencegah akumulasi residu dalam produk seperti susu, telur, dan daging.

2. FAO (*Food and Agriculture Organization*)

Sebagai badan PBB yang fokus pada pangan dan pertanian, FAO bekerja sama dengan WHO melalui *Codex Alimentarius Commission* untuk menetapkan batas maksimum mikotoksin di pangan dan pakan.

Contoh batas maksimum menurut *Codex* (FAO-WHO):

- Aflatoksin B1 dalam pakan: maksimum 20 ppb.
- Fumonisin (B1 + B2) dalam pakan jagung: maksimum 60 mg/kg.
- Zearalenone dalam pakan babi: maksimum 0,1 mg/kg.

Standar FAO biasanya menjadi acuan global bagi negara berkembang dan digunakan dalam perdagangan internasional.

3. Uni Eropa (*European Union*)

Uni Eropa memiliki standar yang lebih ketat untuk mikotoksin, dengan regulasi yang mengikat semua negara anggotanya, seperti tertuang dalam *EU Regulation* (EC) No. 1881/2006 dan *Directive* 2002/32/EC.

Contoh batas maksimum mikotoksin di pakan:

- Aflatoksin B1:
 - 5 ppb untuk pakan jadi.
 - 20 ppb untuk bahan baku pakan.
- Ochratoxin A:
 - 50 ppb untuk babi.
 - 250 ppb untuk unggas.
- Zearalenone:
 - 250 ppb untuk babi.
 - 500 ppb untuk sapi.
- Deoxynivalenol (DON):
 - 900 ppb untuk babi.
 - 5000 ppb untuk sapi.

Uni Eropa juga menerapkan kebijakan “**zero tolerance**” untuk beberapa mikotoksin dalam makanan bayi dan produk susu.

Tabel 4. Perbandingan Ringkas

Jenis Mikotoksin	SNI (Indonesia)	FAO (Codex)	EU (Uni Eropa)
Aflatoksin B1	≤20–50 ppb (jenis pakan)	≤20 ppb	≤5 ppb (pakan jadi)
Fumonisin	Tidak dijelaskan spesifik	≤60 mg/kg (pakan jagung)	≤20 mg/kg (jagung pakan)
Zearalenone	Tidak dijelaskan spesifik	≤0.1 mg/kg (babi)	≤0.25–0.5 mg/kg
Ochratoxin A	Tidak dijelaskan spesifik	—	≤50–250 ppb
DON (Vomitoksin)	Tidak dijelaskan spesifik	—	≤900–5000 ppb



V. STRATEGI PENGENDALIAN DAN PENCEGAHAN

A. Strategi Pra-Panen

Kontaminasi mikotoksin dalam pakan ternak umumnya bermula sejak tahap budidaya tanaman pakan atau bahan bakunya, seperti jagung, gandum, atau kedelai. Oleh karena itu, pengendalian risiko mikotoksin harus dimulai sedini mungkin, yaitu pada fase pra-panen. Pendekatan ini mencakup pemilihan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap infeksi jamur serta penerapan teknik budidaya dan pengelolaan lahan yang baik.

1. Pemilihan Varietas Tanaman Tahan Jamur

Pemilihan varietas merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan dalam mengurangi potensi kontaminasi mikotoksin. Beberapa varietas **jagung, gandum, dan kedelai** telah dikembangkan dengan ketahanan relatif lebih tinggi terhadap cendawan produsen mikotoksin, seperti *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*.

Tanaman dengan karakteristik berikut cenderung lebih aman:

- Kulit biji lebih tebal dan utuh
- Toleran terhadap kekeringan dan stres panas
- Cepat panen sehingga mengurangi waktu paparan terhadap kelembaban tinggi
- Memiliki sistem perakaran kuat yang membantu penyerapan air dan nutrisi optimal

Penggunaan varietas yang tahan terhadap infeksi jamur bukan hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga secara signifikan menekan risiko produksi mikotoksin selama masa tanam.

2. Pengelolaan Tanaman dan Lahan yang Baik

Manajemen agronomi yang tepat dapat menciptakan kondisi pertumbuhan tanaman yang optimal dan sekaligus menghambat perkembangan jamur toksigenik. Beberapa praktik pengelolaan lahan yang dianjurkan meliputi:

- **Rotasi tanaman:** Menghindari penanaman tanaman inang jamur secara terus-menerus, misalnya rotasi antara jagung dan kacang tanah, untuk memutus siklus hidup patogen.
- **Pengolahan tanah:** Pengolahan tanah yang baik dapat mengubur sisa-sisa tanaman terinfeksi sehingga mengurangi sumber inokulum jamur.
- **Pemupukan seimbang:** Pemberian pupuk harus seimbang, khususnya nitrogen dan kalium, karena kelebihan atau kekurangan nutrisi dapat memicu stres fisiologis tanaman yang memperbesar kerentanan terhadap jamur.
- **Pengaturan kepadatan tanam dan irigasi:** Tanaman yang terlalu rapat atau kondisi kelembaban tinggi dapat menciptakan mikroklimat yang ideal bagi pertumbuhan jamur.
- **Pengendalian hama dan penyakit:** Serangan hama seperti penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera*) dapat melukai jaringan tanaman dan memudahkan infeksi oleh jamur penghasil mikotoksin.

B. Strategi Pasca-Panen

Tahap pasca-panen merupakan fase kritis dalam rantai produksi pakan ternak, di mana kontaminasi mikotoksin masih sangat mungkin terjadi, bahkan meningkat, jika tidak ditangani secara tepat. Dua aspek utama dalam pengendalian mikotoksin pasca-panen adalah pengeringan bahan pakan secara optimal dan penyimpanan dalam kondisi lingkungan yang terkendali, terutama terkait kelembaban dan suhu.

1. Pengeringan Bahan Pakan Secara Optimal

Segera setelah panen, kadar air dalam biji-bijian atau bahan pakan umumnya masih tinggi, yang menciptakan kondisi ideal bagi pertumbuhan jamur, khususnya *Aspergillus*



dan *Fusarium*. Oleh karena itu, pengeringan harus dilakukan secepat mungkin hingga mencapai kadar air yang aman untuk disimpan.

Prinsip-prinsip pengeringan yang baik:

- Turunkan kadar air hingga <13–14% untuk biji-bijian seperti jagung atau gandum.
- Gunakan alat pengering mekanis (*batch dryer*, *flat bed dryer*) bila tersedia, untuk mempercepat proses dengan suhu terkendali.
- Hindari pengeringan di tempat terbuka yang tidak terlindung dari hujan atau kelembaban tinggi.
- Pastikan proses pengeringan merata, sehingga tidak ada bagian bahan yang masih basah atau lembap.

Keterlambatan atau pengeringan yang tidak optimal dapat menyebabkan tumbuhnya jamur toksigenik dan memicu produksi mikotoksin meskipun tidak tampak secara kasatmata.

2. Penyimpanan dengan Kelembaban Rendah dan Ventilasi Baik

Setelah bahan dikeringkan, penyimpanan menjadi titik rawan berikutnya. Tujuannya adalah mencegah tumbuhnya jamur baru selama masa simpan. Beberapa strategi kunci antara lain:

- Gunakan wadah atau gudang kedap air dan kelembaban, misalnya silo logam atau karung plastik berlapis alumunium.
- Jaga kelembaban relatif ruang simpan <70% dan suhu <25°C.
- Sirkulasi udara harus baik untuk menghindari kelembaban terperangkap.
- Bahan pakan tidak boleh diletakkan langsung di lantai, gunakan palet atau rak untuk menghindari serapan kelembaban dari tanah.
- Gunakan desikator alami (arang aktif, kapur kering) atau pengontrol kelembaban bila diperlukan.
- Lakukan pemeriksaan berkala terhadap tanda-tanda kerusakan atau jamur, serta pengambilan sampel untuk uji laboratorium jika diperlukan.

C. Strategi Penanganan Mikotoksin dalam Pakan Ternak

Ketika bahan pakan telah terkontaminasi mikotoksin, pencegahan lanjutan menjadi kurang efektif. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi penanganan langsung dalam pakan guna meminimalkan risiko toksisitas terhadap ternak. Beberapa pendekatan yang terbukti efektif meliputi penggunaan mycotoxin binder (pengikat mikotoksin), bahan aditif dan probiotik, serta biotransformasi melalui fermentasi.

1. Penggunaan *Mycotoxin Binder* (Pengikat Mikotoksin)

Mycotoxin binder adalah bahan aditif yang ditambahkan ke dalam pakan **untuk mengikat mikotoksin di saluran pencernaan** dan mencegah penyerapannya oleh tubuh ternak. Binder bekerja melalui mekanisme adsorpsi, mengikat mikotoksin secara fisik atau kimia sehingga dapat dikeluarkan bersama feses.

Beberapa jenis binder yang umum digunakan:

- *Clay minerals* seperti *bentonit*, *zeolit*, dan *montmorillonit* (efektif untuk aflatoksin).
- *Activated carbon*, *aluminosilikat*, dan *Hydrated Sodium Calcium Aluminosilicate* (HSCAS).
- *Organic binders* seperti *esterified glucomannan* dari dinding sel ragi.

Efektivitas binder sangat tergantung pada:

- Jenis mikotoksin yang ditargetkan.
- Stabilitas ikatan dalam pH lambung dan usus.
- Dosis dan homogenitas pencampuran dalam pakan.

Binder tidak bersifat menyembuhkan, tetapi mengurangi risiko toksisitas secara signifikan jika digunakan secara tepat.



2. Penggunaan Bahan Aditif dan Probiotik

Selain binder, bahan aditif dan probiotik tertentu dapat membantu **meningkatkan daya tahan tubuh ternak dan menetralkan efek toksik mikotoksin**. Fungsi utama aditif ini mencakup:

- *Antioksidan* (vitamin E, selenium) untuk melawan stres oksidatif akibat mikotoksin.
- *Hepatoprotektor* (*silymarin*, asam organik) untuk mendukung fungsi hati.
- *Probiotik* dan *prebiotik* seperti *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus spp.*, dan MOS (*Mannan Oligosaccharide*), yang berperan memperkuat mikroflora usus dan menurunkan bioavailabilitas mikotoksin.

Pendekatan ini bersifat suportif dan sinergis, sangat cocok dikombinasikan dengan penggunaan binder.

3. Fermentasi atau Biotransformasi Mikotoksin

Teknologi biotransformasi bertujuan untuk **mengubah struktur kimia mikotoksin menjadi senyawa tidak toksik** melalui proses biologis, terutama menggunakan mikroorganisme atau enzim tertentu. Metode ini dapat dilakukan melalui fermentasi bahan pakan atau penambahan enzim dalam ransum.

Contoh:

- *Lactobacillus rhamnosus* dan *Bacillus spp.* mampu menurunkan kadar *aflatoxin* dan *zearalenone*.
- Enzim seperti *zearalenonase* dan *fumonisin esterase* digunakan untuk mendetoksifikasi *zearalenon* dan *fumonisin*.
- Fermentasi menggunakan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) atau jamur tertentu juga efektif dalam mengurangi mikotoksin.

Biotransformasi dianggap sebagai **solusi paling ekologis dan spesifik** terhadap jenis mikotoksin tertentu, meskipun aplikasinya masih terus dikembangkan agar lebih praktis dan ekonomis dalam skala besar.

Tabel 5. Perbandingan Metode Penanganan Mikotoksin

Metode Penanganan	Jenis Mikotoksin yang Efektif Ditangani	Tingkat Efektivitas ^{*)}	Kelebihan	Keterbatasan
Mycotoxin Binder (Clay, Zeolit, HSCAS)	Aflatoxin (AF), sebagian Fumonisin	★★★★☆	Praktis, murah, efektif untuk Aflatoxin	Kurang efektif untuk Zearalenon, DON, dan Ochratoxin
Activated Carbon	Aflatoxin, Ochratoxin	★★★★☆	Adsorpsi tinggi, multi-mikotoksin	Harga mahal, bisa menyerap nutrisi penting
Esterified Glucosamine (EGM)	Zearalenon, Aflatoxin, T-2 Toxin	★★★★☆	Efektif secara selektif terhadap beberapa mikotoksin	Efektivitas menurun jika penyimpanan buruk
Probiotik (<i>Lactobacillus</i> , <i>Bacillus spp.</i>)	Zearalenon, DON, Aflatoxin	★★★★☆	Meningkatkan mikroflora usus, mengurangi bioavailabilitas mikotoksin	Efektivitas tergantung strain dan dosis
Antioksidan & Hepatoprotektor	Efek tidak langsung untuk semua mikotoksin	★★★☆☆	Mendukung detoksifikasi hati, menekan stres oksidatif	Tidak menghilangkan mikotoksin secara langsung
Fermentasi (<i>S. cerevisiae</i> , <i>Rhizopus spp.</i>)	Aflatoxin, Fumonisin, Zearalenon	★★★★☆	Biodegradasi permanen, cocok untuk pengolahan awal bahan pakan	Perlu kontrol ketat proses fermentasi
Enzim Detoksifikasi (<i>Zearalenonase</i> , <i>Fumonisinase</i>)	Zearalenon, Fumonisin	★★★★★	Spesifik dan efisien dalam menonaktifkan struktur toksik	Ketersediaan komersial dan harga masih menjadi tantangan

Legenda Tingkat Efektivitas^{*)}:

★★★★★ = Sangat Efektif

★★★★☆ = Efektif

★★★☆☆ = Cukup Efektif

★★☆☆☆ = Terbatas

★☆☆☆☆ = Lemah atau Tidak Efektif



VI. KEBIJAKAN DAN REGULASI TERKAIT MIKOTOKSIN

Pengendalian kontaminasi mikotoksin dalam pakan ternak tidak hanya menjadi tanggung jawab sektor produksi dan peternakan, tetapi juga sangat bergantung pada keberadaan kebijakan dan regulasi yang kuat. Pemerintah Indonesia, melalui lembaga-lembaga terkait seperti Badan Standardisasi Nasional (BSN), Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), dan Kementerian Pertanian (Kementan), telah menetapkan sejumlah peraturan untuk menjamin keamanan dan mutu pakan ternak dari cemaran mikotoksin.

1. Peraturan Pemerintah Terkait Mikotoksin

Beberapa regulasi penting yang mengatur keberadaan mikotoksin dalam pakan antara lain:

- Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dikeluarkan oleh BSN, mengatur batas maksimum cemaran mikotoksin dalam bahan pakan dan pakan jadi.
- Peraturan Kepala BPOM, terutama yang berkaitan dengan batas maksimum mikotoksin dalam bahan pangan asal hewan, misalnya batas aflatoksin dalam susu, telur, dan daging.
- Peraturan Menteri Pertanian RI, misalnya:
 - Permentan No. 22/Permentan/OT.140/4/2011 tentang Persyaratan Mutu dan Pengawasan Pakan.
 - Permentan No. 21 Tahun 2019 tentang Pengawasan Pakan yang memuat ketentuan terhadap bahan berbahaya dan cemaran dalam pakan, termasuk mikotoksin.

2. Batas Maksimum Mikotoksin dalam Pakan

Pemerintah Indonesia menetapkan ambang batas kontaminasi mikotoksin yang diperbolehkan dalam pakan ternak, yang secara umum selaras dengan standar internasional seperti *Codex Alimentarius* FAO/WHO dan peraturan Uni Eropa.

Tabel 6. Contoh Batas Maksimum Mikotoksin

Jenis Mikotoksin	Batas Maksimum	Sumber Regulasi
Aflatoksin total	20 ppb	SNI dan Permentan No. 22/2011
Ochratoxin A	50 ppb	Rujukan FAO/EU
Fumonisin	1-5 ppm	Rujukan FAO/EU dan penyesuaian lokal
Zearalenon	0.5-1 ppm	Pedoman teknis Kementan/BSN
DON (Vomitoksin)	1 ppm	FAO/EU (belum ditetapkan di SNI secara spesifik)

Penetapan ambang batas ini bertujuan mencegah efek toksik langsung maupun kronis terhadap hewan dan manusia yang mengonsumsi produk hewan.

3. Sistem Pengawasan Mutu Pakan (Wastukan)

Untuk menjamin pakan yang beredar aman dari mikotoksin, pemerintah menerapkan **sistem pengawasan mutu pakan** melalui:

- Pemeriksaan laboratorium oleh Balai Besar Uji Standar Instrumen (BBUSI) Pakan atau UPT lain di bawah Ditjen PKH Kementan.
- Sertifikasi mutu dan keamanan pakan, baik untuk produsen pakan lokal maupun impor.
- Sampling rutin dan uji laboratorium menggunakan metode yang telah tervalidasi, seperti ELISA dan kromatografi.
- Penegakan hukum terhadap pelanggaran ambang batas cemaran, termasuk penarikan produk dan pencabutan izin edar.

Sistem ini juga didukung oleh pelatihan teknis, sosialisasi regulasi, dan kerja sama internasional dalam kerangka peningkatan keamanan pangan asal ternak.



VII. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

Mikotoksin merupakan senyawa toksik yang dihasilkan oleh kapang seperti *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium*, yang kerap mencemari bahan pakan baik saat pra-panen maupun pasca-panen. Keberadaan mikotoksin dalam pakan ternak telah terbukti menimbulkan dampak negatif yang signifikan, baik secara subklinis maupun klinis, seperti penurunan nafsu makan, gangguan pertumbuhan, *imunosupresi*, serta gangguan sistem reproduksi. Lebih jauh, kontaminasi mikotoksin juga berpotensi menyebabkan residu dalam produk hewan seperti susu, daging, dan telur, yang berdampak pada **keamanan pangan dan kesehatan manusia**.

Dalam berbagai jenis ternak, seperti unggas, ruminansia, dan babi, mikotoksin menunjukkan pengaruh yang berbeda-beda tergantung jenis senyawa toksiknya, tingkat paparan, serta status fisiologis hewan. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian mikotoksin bukan hanya penting untuk menjaga produktivitas ternak, tetapi juga untuk melindungi konsumen dari paparan senyawa berbahaya melalui rantai pangan.

B. Rekomendasi

Berdasarkan uraian dan pembahasan maka penulis memberikan rekomendasi kepada tiga unsur stake holder peternakan, yaitu diantaranya bagi:

1. Peternak:
 - a. Selalu gunakan pakan dari sumber terpercaya yang telah diuji mutunya.
 - b. Terapkan praktik penyimpanan pakan yang baik, terutama dalam menjaga kelembaban dan ventilasi.
 - c. Segera buang atau isolasi pakan yang menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan jamur atau perubahan warna dan bau.
 - d. Gunakan bahan tambahan seperti *mycotoxin binder* sesuai rekomendasi teknis.
2. Penyedia dan Produsen Pakan:
 - a. Lakukan pengawasan mutu secara rutin menggunakan metode deteksi seperti ELISA atau HPLC.
 - b. Terapkan standar kontrol kualitas pada seluruh tahapan produksi, termasuk seleksi bahan baku, proses pengolahan, dan pengemasan.
 - c. Edukasi pelanggan terkait risiko mikotoksin dan cara mengendalikannya.
3. Regulator dan Pemerintah:
 - a. Perkuat sistem pengawasan mutu pakan secara nasional melalui pemantauan, inspeksi, dan laboratorium pengujian.
 - b. Perbarui regulasi ambang batas mikotoksin sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan standar internasional (FAO, Codex, EU).
 - c. Dorong adopsi teknologi deteksi dan pengendalian mikotoksin di tingkat lapangan melalui pelatihan dan dukungan teknis.
 - d. Lakukan kampanye nasional tentang bahaya mikotoksin terhadap peternakan dan kesehatan masyarakat.



Referensi :

Agustin, I., Sri, M., dan Variena, I. 2019. *Cemaran Okratoksin pada Pakan Babi Asal Sentra Peternakan Babi di Indonesia*. Thesis. Fakukultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Codex Alimentarius (FAO/WHO) CXS 193–1993.

Gautama, I. G., Halim, N., dan Yuli, F. N. 2023. *Pengaruh Penambahan Mikotoksin Binder Berbahan Dasar Nano Zeolit dan Glukomanan Dalam Pakan terhadap Persentase Karkas dan Kualitas Fisik Daging Ayam Pedaging*. Thesis. Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang.

Meng Liu, Ling Zhao, Guoxin Gong dkk. 2022. *Invited review: Remediation strategies for mycotoxin control in feed*. Journal of Animal Science and Biotechnology, 13(19).

Nasywa, R., Rahmat, F. dan Tatang, T. 2025. *Okratoksin A dalam Pakan Ternak*. Warta Lisivet, 2(01).

Peraturan Menteri Pertanian (Permentan RI) No. 22/2011 dan 21/2019 tentang Mutu Dan Pengawasan Pakanserta Batas Cemaran (Termasuk Mikotoksin).

Rizal, S., La Ega, dan C. C. Nurfitri. 2012. *Mikotoksin Bahan Pangan*. IPB Press, Bogor.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4483-1998. *Standar Kualitas Pakan*. BSN Indonesia.

Tillman, A. D. 2019. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. UGM Press, Yogyakarta.