

## **Analisis Pengujian Cemaran Aflatoksin Total Pada Pala Bubuk Dengan Menggunakan Metode Hplc**

### *Analysis of Total Aflatoxin Contamination in Nutmeg Powder Using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)*

Regina Zahrani Marza

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Kota Padang, Sumatera Barat

Email: [reginazahranimarza@gmail.com](mailto:reginazahranimarza@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

Aflatoksin merupakan mikotoksin berbahaya yang dihasilkan oleh jamur *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus*, terutama berkembang pada kondisi panas dan lembap. Kontaminasi aflatoksin dalam bahan pangan, seperti pala, dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius dan menjadi hambatan dalam perdagangan internasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar aflatoksin (B1, B2, G1, G2) dalam sampel pala bubuk menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan deteksi fluoresensi dan teknik pembersihan kolom imunoafinitas. Hasil uji menunjukkan kurva kalibrasi yang linier ( $R^2 = 1,000$ ) dan nilai LOD serta LOQ yang rendah, membuktikan sensitivitas metode. Sampel pala (kode 02/AF/PALA/LKP) mengandung total aflatoksin sebesar 2,6292 ppb dan aflatoksin B1 sebesar 1,538 ppb, yang masih berada di bawah ambang batas maksimum menurut Peraturan BPOM No. 18 Tahun 2018. Dengan demikian, sampel dinyatakan memenuhi syarat keamanan pangan. Pengawasan berkelanjutan dan penerapan protokol penyimpanan yang baik sangat penting untuk mencegah kontaminasi aflatoksin demi menjaga kesehatan konsumen dan kelancaran ekspor pala Indonesia.

**Keywords:** aflatoksin, HPLC, pala, keamanan pangan, *Aspergillus*, mikotoksin

#### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan energi manusia diperoleh dari makanan yang dikonsumsi. Pangan, termasuk bahan tambahan, bahan baku, dan komponen lain yang digunakan dalam produksi makanan dan minuman, memiliki peran krusial dalam menjaga keberlangsungan hidup manusia (Salsabila & Priyambodo, 2023).

Secara alami, bahan pangan umumnya bersifat aman untuk dikonsumsi. Namun, selama proses pengolahan dan penanganannya, sering kali terjadi perubahan yang dapat menurunkan kualitas dan menyebabkan risiko terhadap lingkungan yang memperbesar kemungkinan munculnya isu-isu terkait keamanan pangan (Broto, 2018). tantangan utama yang dihadapi petani dalam menjaga ketahanan pangan mencakup perubahan iklim, alih fungsi lahan, dan keterbatasan akses terhadap teknologi pertanian modern, yang secara tidak langsung juga

berdampak pada peningkatan risiko kontaminasi pangan oleh mikroorganisme atau toksin seperti aflatoksin (Putri et al., 2024).

Perubahan cuaca yang tidak menentu dapat meningkatkan tingkat kelembaban lingkungan. Iklim yang terus berubah menjadi salah satu ancaman utama terhadap ketahanan pangan global, karena secara langsung memengaruhi produktivitas sektor pertanian di berbagai belahan dunia. Dampak seperti peningkatan suhu rata-rata, pergeseran pola curah hujan, kejadian banjir, kekeringan, serta cuaca ekstrem lainnya telah mengganggu stabilitas produksi pangan nasional dan membahayakan keamanan pangan masyarakat (Humulusna & Fevria, 2025). Kondisi kelembaban yang tinggi ini berpotensi memicu pertumbuhan *Aspergillus flavus* yang kemudian dapat memproduksi aflatoksin. Jamur *Aspergillus flavus* cenderung tumbuh dengan cepat di wilayah beriklim panas dan lembab, khususnya pada kelembaban relatif sekitar 85% (Nino & Neonbeni, 2020).

Pangan harus bebas dari kontaminan dan memenuhi standar kebersihan. Jika aspek tersebut tidak terpenuhi, maka produk pangan dapat berisiko menimbulkan gangguan kesehatan, termasuk penyakit dan keracunan makanan (Irawan, 2019). Keamanan pangan merupakan aspek krusial dalam sistem Produksi Pangan yang terkontaminasi dapat menyebabkan gangguan kesehatan, seperti keracunan makanan dan penyakit akibat mikroorganisme atau senyawa berbahaya (Irawan, 2019). Oleh karena itu, pengawasan mutu dan keamanan pangan menjadi hal yang sangat penting guna memastikan pangan yang dikonsumsi aman dan sesuai standar yang berlaku.

Pala merupakan salah satu jenis rempah yang bernilai ekonomi tinggi dan memiliki berbagai manfaat. Minyak atsiri yang diperoleh dari bagian daun, biji, maupun biji tanaman ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam industri farmasi, parfum, serta kosmetika (Febrya et al., 2024). Rempah-rempah tidak hanya dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam pangan, tetapi juga berperan sebagai bahan tambahan dalam pengolahan makanan. Keberadaannya mampu memberikan rasa dan aroma yang khas. Selain itu, rempah-rempah juga berfungsi sebagai penyedap sekaligus pengawet alami yang dapat meningkatkan cita rasa makanan (Nuari et al., 2024).

Indonesia berkontribusi sekitar 60% terhadap pasokan biji pala global, sementara sisanya sekitar 40% dipenuhi oleh negara-negara lain seperti Grenada, India, dan sejumlah negara penghasil pala lainnya. Hingga saat ini, Indonesia masih menjadi salah satu produsen sekaligus eksportir utama biji dan biji pala terbesar di dunia (Lukiawan et al., 2017). Pada tahun 2020, Indonesia berhasil mengekspor pala sebanyak 22.821 ton dengan nilai mencapai 158,42 juta dolar Amerika. Namun, salah satu tantangan utama dalam perdagangan pala adalah kontaminasi aflatoksin yang dapat menyebabkan penolakan produk oleh negara importir, terutama Uni Eropa yang menetapkan batas maksimum aflatoksin total sebesar 10 µg/kg dan aflatoksin B1 sebesar 5 µg/kg (Supriadi, 2017). Penolakan ini tidak hanya merugikan eksportir tetapi juga berdampak pada devisa negara.

Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai mutu dan keamanan pangan adalah analisis terhadap cemaran mikroba. Keberadaan mikroorganisme patogen dalam produk pangan, khususnya yang diperdagangkan secara internasional, dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat dan memicu masalah kesehatan global (Safitri et al., 2024). Standar ini disusun berdasarkan kesepakatan berbagai pihak dengan mempertimbangkan perkembangan ilmu, teknologi, serta pengalaman. Produsen diharapkan dapat menghasilkan produk yang memenuhi standar tertentu, termasuk standar mikrobiologi yang berfungsi sebagai indikator keamanan pangan dari aspek mikrobiologi (Martoyo et al., 2014).

Salah satu contoh cemaran dalam pangan adalah aflatoksin (AF), yaitu mikotoksin yang diproduksi oleh kapang *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, dan *Aspergillus nomius* sebagai bentuk pertahanan diri ketika berada dalam kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Aflatoksin merupakan kontaminan alami yang dihasilkan oleh beberapa spesies jamur dari genus *Aspergillus*, terutama berkembang pada kondisi iklim panas dan lembap. Suhu antara 27 hingga 40°C serta kelembaban tinggi menjadi faktor utama yang mendukung pertumbuhan *Aspergillus flavus* dan produksinya terhadap aflatoksin sebagai senyawa mikotoksin yang berbahaya (Indriyani et al., 2024).

Aflatoksin banyak ditemukan mencemari berbagai bahan pangan, seperti jagung, kacang-kacangan, buah kering, daging, serta produk susu. Ada empat jenis utama aflatoksin yang bersifat toksik, yakni AFB1, AFB2, AFG1, dan AFG2, di mana tipe B dihasilkan oleh *A. flavus*, sedangkan tipe G diproduksi oleh *A. Parasiticus*. Dari keempat jenis tersebut, AFB1 dianggap paling berbahaya, karena telah diklasifikasikan sebagai agen karsinogenik Grup 1 oleh *International Agency for Research on Cancer* (IARC) dan diketahui dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius, terutama pada organ hati (Lestari & Rostinawati, 2023).

Aflatoksin memiliki sifat toksik terhadap hati (hepatotoksik), menurunkan daya tahan tubuh, dan berkontribusi terhadap terhambatnya pertumbuhan pada anak, yang dapat berujung pada kondisi stunting. Paparan aflatoksin dalam dosis tinggi secara akut dapat menyebabkan aflatoksikosis, yaitu keracunan yang ditandai dengan kerusakan hati serius, kegagalan fungsi hati, bahkan kematian. Selain itu, aflatoksin juga berisiko menimbulkan gangguan pada proses pembekuan darah, menyebabkan anemia, serta berdampak negatif terhadap perkembangan janin dalam kandungan (Mahmoud et al., 2025).

Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi aflatoksin dalam bahan pangan, termasuk pala bubuk, adalah High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). Metode ini memiliki sensitivitas tinggi dalam mengukur kadar aflatoksin dengan ketepatan lebih unggul dibandingkan teknik lainnya. HPLC sering diterapkan di laboratorium untuk analisis kuantitatif senyawa karena

memiliki beberapa keunggulan, seperti waktu analisis yang relatif cepat, penggunaan sampel dalam jumlah kecil, kemampuan mendeteksi senyawa organik maupun anorganik, serta kolom yang dapat digunakan kembali (Rosydiati, 2019). Dengan keunggulan tersebut, HPLC menjadi metode yang sesuai untuk memastikan kadar aflatoksin dalam pala bubuk berada dalam batas aman sesuai dengan standar nasional maupun internasional.

## **METODE PENELITIAN**

Pelaksanaan kegiatan bertempat di laboratorium Dinas Pangan Provinsi Sumatera Barat berlangsung dari 28-29 Januari. Analisis kadar aflatoksin dilakukan berdasarkan metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC) yang dikombinasikan dengan teknik pembersihan kolom imunoafinitas (Immunoaffinity Column Clean-up), serta menggunakan detektor fluoresensi (FLD) untuk identifikasi dan kuantifikasi aflatoksin B1, B2, G1, dan G2. Alat yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi timbangan analitik, blender, gelas ukur, pipet otomatis, kolom AflaTest, kertas saring fluted, mikrofilter serat, tabung reaksi, botol vial HPLC, serta instrumen HPLC dengan detektor fluoresensi. Adapun bahan-bahan yang digunakan terdiri atas sampel pala bubuk, natrium klorida (NaCl), pelarut metanol dan air (perbandingan 80:20), larutan Tween-20 15%, air murni (purified water), serta standar aflatoksin untuk pembuatan kurva kalibrasi.

Tahapan kegiatan yang dilakukan meliputi :

### **1. Ekstraksi Sampel**

Menimbang 25 gr sampel pala dan 5 gr NaCl dan dimasukkan kedalam blender, Menambahkan 100 mL metanol : air ( 80:20), Diblender selama 1 menit, Menyaring dengan fluted filter paper.

### **2. Pengenceran Ekstrak**

Mengambil 5 mL filtrat dengan pipet, Menambahkan dengan 20 mL larutan 15% tween-20 dan diaduk dan Menyaring dengan microfibre filter.

### **3. Kromatografi Kolom**

Mengelusi 4 mL filtrat ke *Afla Test affinity coloum* dengan laju alir 2 tetes/detik, Membilas dengan 10 mL purified water sebanyak 2 kali dengan laju alir 2 tetes/detik, Mengganti tes tube, Mengelusi dengan 1 mL methanol dengan laju alir 1 tetes/detik dan Menginjeksi ke HPLC

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

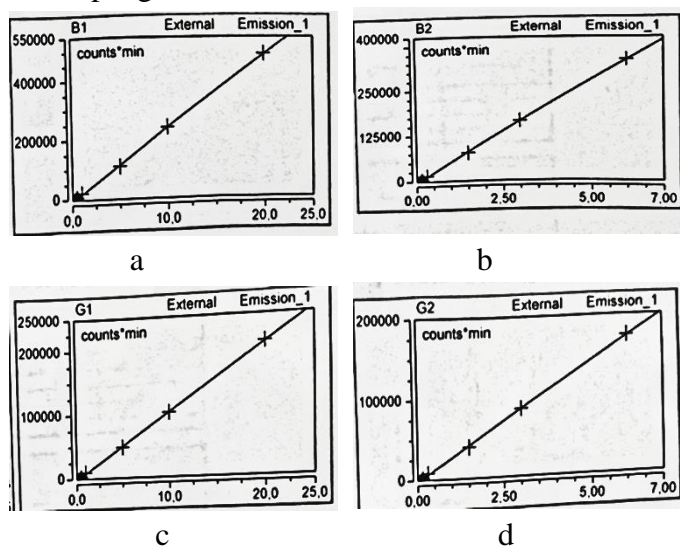
### **Uji Linearitas**

Uji linearitas dilakukan dengan menyuntikkan larutan standar kerja pada beberapa tingkat konsentrasi berbeda. Kurva kalibrasi linier diperoleh dengan memplot luas puncak (peak area) terhadap konsentrasi masing-masing aflatoksin.

Tabel 1. Uji Linearitas

Jenis Aflatoksin	Persamaan Regresi ( $y = mx + c$ )	Koefisien Determinasi ( $R^2$ )
Aflatoksin G2	$y = 29117,239x - 2226,560$	1,000
Aflatoksin G1	$y = 10936,146x - 1992,929$	1,000
Aflatoksin B2	$y = 26473,552x - 3743,864$	1,000
Aflatoksin B1	$y = 24715,835x - 5435,106$	1,000

Dengan demikian, metode ini valid dan akurat untuk digunakan dalam kuantifikasi aflatoksin. Aflatoksin merupakan mikotoksin yang dihasilkan oleh jamur *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*, bersifat karsinogenik dan berbahaya bagi kesehatan manusia jika dikonsumsi dalam jumlah melebihi ambang batas. Oleh karena itu, analisis kandungan aflatoksin dalam bahan pangan sangat penting untuk menjamin keamanan pangan



Gambar 1. (a) Grafik Linearitas Aflatoksin B1, (b) Grafik Linearitas Aflatoksin B2, (c) Grafik Linearitas G1, (d) Grafik Linearitas G2

### Uji LOD dan LOQ

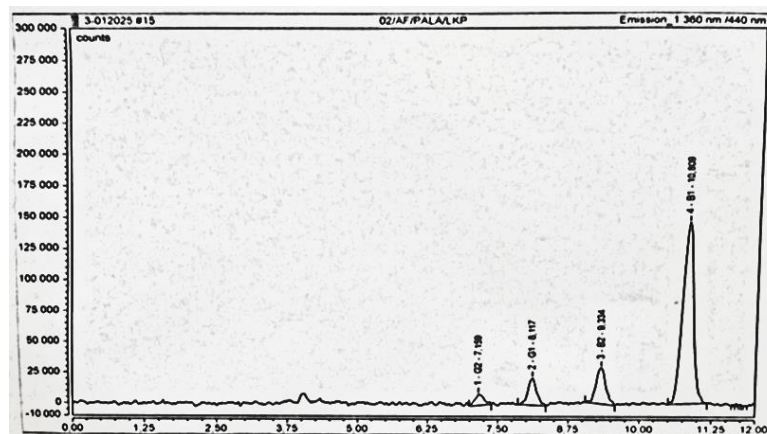
Batas deteksi (Limit of Detection/LOD) mengacu pada jumlah paling kecil dari suatu analit yang masih dapat terdeteksi dan menghasilkan sinyal yang secara signifikan berbeda dari sinyal blanko. Sementara itu, batas kuantitasi (Limit of Quantification/LOQ) adalah ukuran terkecil dari analit dalam sampel yang masih dapat diukur dengan tingkat ketelitian dan ketepatan yang dapat diterima. LOD biasanya dinyatakan dalam bentuk konsentrasi analit, seperti dalam satuan ppb. Pada metode non-instrumental, LOD ditentukan melalui deteksi analit dalam sampel dengan pengenceran bertahap. Sedangkan pada metode instrumental, LOD dapat dihitung berdasarkan pengukuran respons blanko yang diulang beberapa kali, lalu dihitung simpangan bakunya.

Tabel 2. Nilai LOD dan LOQ Aflatoksin G1, G2, B1 dan B2

Senyawa	LOD (ng/mL)	LOQ (ng/mL)
Aflatoksin G1	0,1391	0,4213
Aflatoksin G2	0,0345	0,1047
Aflatoksin B1	0,0667	0,2022
Aflatoksin B2	0,0970	0,2941

Tabel 2 tersebut menunjukkan hasil perhitungan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) dari masing-masing jenis aflatoksin yang dianalisis menggunakan metode HPLC-FLD. Berdasarkan hasil tersebut, aflatoksin G2 memiliki nilai LOD dan LOQ paling rendah, yaitu 0,0345 ng/mL dan 0,1047 ng/mL, yang menunjukkan bahwa metode ini sangat sensitif dalam mendeteksi senyawa tersebut. Sementara itu, aflatoksin G1 memiliki nilai LOD dan LOQ sebesar 0,1391 ng/mL dan 0,4213 ng/mL. Untuk aflatoksin B1, nilai LOD dan LOQ yang diperoleh adalah 0,0667 ng/mL dan 0,2022 ng/mL. Aflatoksin B2 menunjukkan nilai LOD sebesar 0,0970 ng/mL dan LOQ sebesar 0,2941 ng/mL. Nilai-nilai ini mengindikasikan bahwa metode yang digunakan memiliki kemampuan deteksi dan kuantifikasi yang baik terhadap kontaminan aflatoksin dalam sampel pala bubuk.

### Hasil Kromatografi



Gambar 2. kromatogram hasil analisis HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

Kromatogram tersebut menunjukkan hasil pemisahan aflatoksin dalam sampel menggunakan metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC) dengan deteksi fluoresensi pada panjang gelombang eksitasi 360 nm dan emisi 440 nm. Respon deteksi ditampilkan dalam bentuk puncak (peak) yang muncul pada waktu retensi berbeda, masing-masing merepresentasikan keberadaan jenis aflatoksin tertentu. Secara berurutan, puncak aflatoksin G2 terdeteksi pada waktu retensi 7,159 menit, G1

pada 8,177 menit, B2 pada 9,334 menit, dan B1 pada 10,809 menit. Waktu retensi tersebut dibandingkan dengan kromatogram dari larutan standar aflatoxin sebagai acuan. Apabila dalam kromatogram sampel muncul puncak pada waktu retensi yang identik atau sangat mendekati waktu retensi standar, maka dapat disimpulkan bahwa sampel terindikasi mengandung jenis aflatoxin yang bersesuaian.

### Penetapan Kadar Aflatoxin Pada Pala

Aflatoxin adalah jenis mikotoksin yang diproduksi oleh beberapa spesies jamur *Aspergillus*, terutama *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*. Keberadaan aflatoxin dalam bahan pangan seperti kacang-kacangan dan bumbu dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia karena memiliki sifat karsinogenik, merusak hati (hepatotoksik), serta menurunkan fungsi sistem imun. Oleh sebab itu, pengawasan terhadap batas cemaran aflatoxin dalam produk pangan menjadi sangat krusial.

Merujuk pada Peraturan BPOM Nomor 18 Tahun 2018 mengenai batas maksimum cemaran kimia dalam pangan olahan, ditetapkan bahwa kadar aflatoxin B1 dalam produk pangan yang berasal dari kacang-kacangan dan bumbu tidak boleh melebihi 15 ppb. Sementara itu, kadar total aflatoxin (gabungan dari G1, G2, B1, dan B2) dibatasi maksimal 20 ppb.

Pada penelitian ini, analisis kadar aflatoxin dilakukan dengan menggunakan instrumen High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Melalui interpretasi kromatogram serta perhitungan berdasarkan kurva kalibrasi, diperoleh hasil kadar aflatoxin pada sampel 02/AF/PALA/LKP sebagai berikut:

Tabel 3. Kadar Aflatoxin Sampel Pala

Sampel	G1 (ppb)	G2 (ppb)	B1 (ppb)	B2 (ppb)	Total Aflatoxin (ppb)	Rata-rata (ppb)	Ket.
02/AF/PALA/L KP	0.5847	0.1229	1.538	0.3836	2.6292	0.6573	MS

\*Keterangan : MS (Memenuhi Syarat) ; TMS (Tidak Memenuhi Syarat)

Sampel 02/AF/PALA/LKP menunjukkan kadar aflatoxin B1 sebesar 1,538 ppb, serta kadar aflatoxin total mencapai 2,6292 ppb. Nilai ini masih berada jauh di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh BPOM. Oleh karena itu, sampel tersebut dapat dinyatakan memenuhi persyaratan (MS) dan layak dikonsumsi dari segi kandungan aflatoxinnya.

Rendahnya kadar aflatoxin dalam sampel menunjukkan bahwa tahapan pascapanen, proses pengeringan, penyimpanan, hingga pengemasan telah dilakukan secara optimal sesuai standar yang berlaku. Hal ini menjadi sangat penting karena

aflatoksin merupakan senyawa yang stabil terhadap panas dan sulit terdegradasi selama proses pengolahan atau pemanasan makanan. Oleh karena itu, upaya pencegahan kontaminasi harus dilakukan sedini mungkin, dimulai sejak proses panen hingga tahap distribusi produk.

Aflatoksin memiliki titik leleh yang tinggi, sekitar 237–306 °C, sehingga relatif stabil dalam suhu yang biasa digunakan untuk memasak dan tidak mudah hancur selama pemanasan pangan (Mahmoud et al., 2025). Selain itu, aflatoksin tidak dapat terdegradasi dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan, sehingga paparan yang terjadi secara terus-menerus dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan kronis.

Kelompok aflatoksin B1 (AFB1) dikenal sebagai golongan paling berbahaya penyebab toksisitas akut. AFB1 berpotensi menimbulkan kanker hati kronis, dengan hati sebagai organ utama yang menjadi sasaran. Kerusakan hati akibat paparan AFB1 dapat terjadi pada berbagai jenis organisme, termasuk unggas, ikan, hewan pengerat, dan manusia (Rosyunita et al., 2023). Aflatoksin Dapat mengganggu sistem kekebalan tubuh, serta berperan dalam menghambat pertumbuhan anak yang dapat menyebabkan stunting. Paparan aflatoksin dalam jumlah tinggi secara tiba-tiba dapat menimbulkan kondisi aflatoksikosis, yang ditandai dengan kerusakan organ hati, kegagalan fungsi hati, hingga berujung pada kematian. Selain itu, aflatoksin juga dapat menyebabkan gangguan pembekuan darah, anemia, dan memengaruhi perkembangan janin selama kehamilan (Nazareth et al., 2024).

Aflatoksin G<sub>2</sub> (AFG<sub>2</sub>) lazim ditemukan bersama AFG<sub>1</sub> dalam berbagai produk pangan seperti jagung, kacang tanah, dan rempah-rempah, terutama yang disimpan dalam kondisi lingkungan hangat dan lembap. Sifat toksisitas AFG<sub>2</sub> cenderung bersifat kronis dan tersembunyi (laten), di mana paparan terus-menerus berisiko menyebabkan akumulasi dalam tubuh yang pada akhirnya dapat memicu kerusakan hepatoseluler secara perlahan. Selain itu, AFG<sub>2</sub> berperan sebagai kofaktor toksik yang dapat memperkuat efek sinergistik dari aflatoksin lainnya dalam bahan pangan yang telah mengalami kontaminasi.

AFG<sub>2</sub> umumnya ditemukan bersama dengan AFG<sub>1</sub> dalam berbagai bahan pangan seperti jagung, kacang tanah, dan rempah-rempah yang disimpan pada suhu tinggi dan kelembapan tinggi. Sifat toksisitas AFG<sub>2</sub> bersifat kronis jangka panjang, ditandai dengan akumulasi bertahap yang dapat menyebabkan kerusakan hati secara progresif. Selain itu, AFG<sub>2</sub> kerap memperkuat efek toksik total aflatoksin melalui interaksi sinergistik dalam makanan yang telah terkontaminasi.

Kandungan aflatoksin dalam pala tidak hanya menimbulkan risiko kesehatan, tetapi juga berimplikasi terhadap sektor ekonomi dan aktivitas perdagangan. Produk yang melebihi batas cemaran yang diizinkan berpotensi ditolak dalam distribusi antarwilayah maupun ekspor ke luar negeri, sehingga dapat menimbulkan kerugian

finansial bagi produsen. Bahkan, sejumlah negara menerapkan regulasi yang lebih ketat dibandingkan ketentuan BPOM, seperti Uni Eropa yang membatasi kadar total aflatoxin hanya hingga 4 ppb pada beberapa jenis produk pangan.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa sampel yang dianalisis mengandung aflatoxin, namun masih dalam batas aman. Tidak ditemukan adanya kontaminasi berlebih yang membahayakan kesehatan konsumen. Kualitas metode (akurasi, presisi, linearitas) sangat baik dan sesuai standar validasi analitik. Torres et al. (2014) menyarankan bahwa penyimpanan bahan kering seperti rempah-rempah dan biji-bijian—termasuk pala—sebaiknya dilakukan dengan menjaga kadar air tetap di bawah 7%, pada suhu ruangan sekitar 25–27°C, serta kelembapan relatif (RH) antara 56–70%. Produk disarankan dikemas dalam karung goni yang dilapisi plastik polietilena (PE), kemudian disimpan di atas rak yang tidak bersentuhan langsung dengan dinding ruangan, agar sirkulasi udara tetap terjaga dan tidak terjadi penumpukan kelembapan yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur

Perbedaan standar batas maksimum aflatoxin antarnegara mendorong pelaku industri rempah untuk meningkatkan ketelitian dalam pengendalian mutu produk. Oleh karena itu, pengujian kadar aflatoxin menjadi langkah krusial dalam proses pengendalian mutu (quality control), khususnya bagi pala yang ditargetkan untuk memasuki pasar internasional

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode HPLC dengan deteksi fluoresensi, diketahui bahwa sampel pala (kode 02/AF/PALA/LKP) mengandung aflatoxin jenis G1, G2, B1, dan B2. Namun, seluruh kadar yang terdeteksi masih berada dalam ambang batas yang diperbolehkan menurut Peraturan BPOM Nomor 18 Tahun 2018. Total kadar aflatoxin dalam sampel mencapai 2,6292 ppb, yang berarti masih jauh di bawah batas maksimum 20 ppb, sehingga sampel ini dikategorikan memenuhi syarat (MS) dan aman untuk dikonsumsi berdasarkan aspek keamanan aflatoxin.

Aflatoxin, terutama AFB1, dikenal sebagai senyawa berbahaya yang bersifat karsinogenik, merusak hati (hepatotoksik), serta dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh dan menghambat pertumbuhan pada anak-anak. Karena aflatoxin memiliki stabilitas termal tinggi dan tidak terurai dalam saluran pencernaan, akumulasi dalam tubuh berpotensi menimbulkan dampak kesehatan kronis. Oleh karena itu, pemantauan dini dan pengendalian kadar aflatoxin dalam bahan pangan sangat diperlukan guna menjaga keselamatan dan kesehatan konsumen.

## Saran

Pengawasan berkelanjutan terhadap cemaran aflatoksin perlu diterapkan, meskipun kadar yang ditemukan pada sampel pala masih dalam batas aman. Hal ini penting untuk mencegah potensi akumulasi aflatoksin, mengingat senyawa ini bersifat tidak terdegradasi dalam saluran pencernaan dan tahan terhadap pemanasan biasa selama pengolahan makanan. Protokol penyimpanan dan pengemasan harus diperketat, sebagaimana disarankan oleh Torres et al. (2014), yaitu dengan menjaga kadar air bahan di bawah 7%, suhu ruang 25–27 °C, serta kelembapan relatif 56–70%. Kondisi ini terbukti efektif mencegah pertumbuhan jamur *Aspergillus* yang memproduksi aflatoksin, terutama pada komoditas seperti pala yang rentan terkontaminasi.

## REFERENSI

- Broto, W. (2018). Status Cemaran dan Upaya Pengendalian Aflatoksin Pada Komoditas Serelia dan Aneka Kacang. *Litbang Pertanian*, 37(2), 81–90.
- Febrya, M. A., Irdawati, Ningsih, T. P., & Hamidah. (2024). Pengujian Angka Lempeng Total ( ALT ), Angka Paling Mungkin ( APM ) Coliform Dan Angka Kapang Khamir Pada Sampel Minyak Pala. *Prosiding SEMNAS BIO*, 439–449.
- Humulusna, R., & Fevria, R. (2025). Analisis Kasus Pangan dan Gizi. *Jurnal Pendidikan Tambusa*, 9, 16401–16404.
- Indriyani, N., Rahman, A. P., & Humaidi, F. (2024). Detection of Aflatoxin Content in Candlenut (*Aleurites moluccana*) *Simplicia* at Karang Penang Market using PDA (Potato Dextrose Agar) Method. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, 11(1), 1–4.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran Dalam Kegiatan Penelitian Dan Pengujian. *Jurnal Laboratorium Indonesia*, 1(2), 1–9.
- Lestari, A. P., & Rostinawati, T. (2023). Review Artikel: Metode Analisis Kontaminasi Aflatoksin Dalam Produk Pangan. *Jurnal Farmaka*, 21 nomor 2, 252–260.
- Lukiawan, R., Ritonga, M., & Susanto, D. A. (2017). Kandungan Aflatoxin B1 pada Biji Pala Indonesia Sebagai Respon Penolakan Produk. *Prosiding PPIS, August 2017*, 131–142.
- Mahmoud, Y. A. G., Elkaliny, N. E., Darwish, O. A., Ashraf, Y., Ebrahim, R. A., Das, S. P., & Yahya, G. (2025). Comprehensive review for aflatoxin detoxification with special attention to cold plasma treatment. *Mycotoxin Research*, 277–300.
- Martoyo, P. Y., Hariyadi, R. D., & Rahayu, W. P. (2014). Kajian Standar Cemaran Mikroba Dalam Pangan Di Indonesia. *Jurnal Standardisasi*, 16(2), 113.
- Nazareth, T. de M., Soriano Pérez, E., Luz, C., Meca, G., & Quiles, J. M. (2024). Comprehensive Review of Aflatoxin and Ochratoxin A Dynamics: Emergence, Toxicological Impact, and Advanced Control Strategies. *Foods*, 13(12).
- Nino, J., & Neonbeni, E. Y. (2020). Analisis Kadar Aflatoksin Jagung Lokal Timor

- Pada Perlakuan Lama Pengeringan Dengan Udara Alamiah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 9(4), 336.
- Nuari, S. Della, Afrilisia, L., Khairani, F. A., & Ade, F. Y. (2024). Inventarisasi Penggunaan Tumbuhan di Daerah Rimbo Datar , Kecamatan Lubuk Kilangan , Kelurahan Bandar Buat , Kota Padang , Sumatera Barat. *Prosiding SEMNAS BIO*, 324–335.
- Putri, F. P., Afrilisia, L., Tazri, M. I., Oktaviani, M., Ningsih, A., & Fevria, R. (2024). *Tantangan Petani Dalam Mempertahankan Ketahanan Pangan : Studi Literatur*. 580–584.
- Rosyunita, R., Pawestri, S., Hasbi, N., & Rahim, A. R. (2023). Aflatoksin: Aspek kesehatan, metode reduksi dan deteksinya. *Sasambo Journal of Pharmacy*, 4(2), 98–106
- Safitri, L., Achyar, A., & Eriyeni, C. (2024). Literature Review : Metode Analisis Cemaran Mikroba pada Makanan. *Prosiding SEMNAS BIO*, 32–41.
- Salsabila, E., & Priyambodo, E. (2023). Analysis of Calcium Levels in Yoghurt Drinks Using UV-Visible Spectrophotometry Method. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(3), 269–277.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dinas Pangan Provinsi Sumatera Barat atas kesempatan, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan selama pelaksanaan magang. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang sangat berarti selama penyusunan artikel ini. Penghargaan turut diberikan kepada rekan dan sahabat penelitian atas bantuan dan kebersamaan yang mendukung kelancaran kegiatan ini.