

Analysis of Aflatoxin in Chili from Traditional Markets in Padang City Using Immunoaffinity Column and HPLC

Analisis Aflatoksin pada Cabai dari Pasar Tradisional di Kota Padang Menggunakan *Immunoaffinity Column* dan HPLC

Nadika Rahma¹, Dezi Handayani^{1*}

¹ Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

*Correspondence author: dezihandayani3252@gmail.com

Abstract

Chili (*Capsicum annum* L.) is a significant horticultural commodity in Indonesia, commonly sold in traditional markets where inadequate storage conditions may increase the risk of aflatoxin contamination. Aflatoxins are toxic mycotoxins produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. This study aimed to detect the presence of aflatoxins in chili samples from Padang City and evaluate their safety. Analysis was conducted using Immunoaffinity Column and High Performance Liquid Chromatography (HPLC). A chromatographic peak at 8.817 minutes indicated aflatoxin B1 at a concentration of 0.8155 ppb well below the 20 ppb limit set by BPOM and Codex Alimentarius. Aflatoxins B2, G1, and G2 were not detected. Despite being deemed safe, the tested chili still requires routine monitoring.

Key words Chili, Aflatoxin, HPLC, Immunoaffinity Column, Food Safety

Abstrak

Cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia dan sering dijual di pasar tradisional dengan kondisi penyimpanan kurang higienis, yang meningkatkan risiko kontaminasi aflatoksin. Aflatoksin merupakan mikotoksin beracun yang dihasilkan oleh *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*. Penelitian ini bertujuan mendeteksi aflatoksin pada cabai dari pasar tradisional di Kota Padang serta menilai tingkat keamanannya. Analisis dilakukan dengan metode *Immunoaffinity Column* dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Hasil menunjukkan satu puncak pada waktu retensi 8,817 menit yang mengindikasikan keberadaan aflatoksin B1 sebesar 0,8155 ppb, jauh di bawah batas maksimum 20 ppb. Aflatoksin tipe B2, G1, dan G2 tidak terdeteksi. Meskipun cabai yang diuji dinyatakan aman, tetap diperlukan pengawasan rutin.

Kata kunci Aflatoksin, Cabai, HPLC, Immunoaffinity Column, Keamanan Pangan

Pendahuluan

Keamanan pangan merupakan isu strategis dalam sistem kesehatan masyarakat, terutama di negara berkembang yang masih menghadapi tantangan dalam distribusi dan pengawasan pangan. Salah satu ancaman utama dalam sistem keamanan pangan adalah kontaminasi oleh senyawa toksik, seperti aflatoksin, yang dihasilkan oleh jamur *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*. Aflatoksin terdiri dari empat jenis utama B1, B2, G1, dan G2 dengan aflatoxin B1 (AFB1) dikenal sebagai yang paling berbahaya karena sifatnya yang karsinogenik, mutagenik, dan hepatotoksik (Asai dkk., 2012).

Cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura utama di Indonesia, yang digunakan secara luas dalam berbagai olahan makanan. Di banyak daerah, termasuk Kota Padang, cabai dijual di pasar tradisional dengan kondisi penyimpanan yang kurang higienis, seperti kelembapan tinggi, ventilasi buruk, dan tidak adanya pengendalian suhu. Situasi ini meningkatkan risiko pertumbuhan jamur penghasil aflatoxin, yang jika dikonsumsi secara terus-menerus, bahkan dalam kadar rendah, dapat menyebabkan kerusakan hati dan meningkatkan risiko kanker. Selain itu Kondisi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain buruknya sanitasi, meningkatnya jumlah individu dengan sistem imun lemah, tingginya mobilitas penduduk, serta keterlambatan dalam diagnosis infeksi (Handayani dkk., 2021).

B POM RI (2019) telah menetapkan batas maksimum AFB1 dalam cabai sebesar 20 ppb. Namun, studi dari berbagai negara menunjukkan angka kontaminasi yang mengkhawatirkan. Di India, 88% sampel cabai terdeteksi mengandung aflatoxin melebihi ambang batas aman, sementara di Nigeria tercatat sebesar 25% (Rajendran dkk., 2021). Temuan ini memperkuat dugaan bahwa produk hortikultura yang dijual tanpa sistem pengawasan dan sanitasi yang memadai dapat menjadi sumber paparan aflatoxin yang signifikan bagi masyarakat.

Hingga saat ini, belum tersedia data lokal yang memadai mengenai tingkat kontaminasi aflatoxin pada cabai di Kota Padang. Padahal, informasi ini penting untuk mengevaluasi risiko keamanan pangan secara regional dan mendukung upaya pengawasan serta kebijakan mitigasi kontaminasi mikotoksin. Selain itu, studi berbasis laboratorium sangat dibutuhkan untuk menilai apakah kadar aflatoxin dalam produk hortikultura lokal masih berada dalam batas aman yang telah ditetapkan oleh otoritas kesehatan nasional maupun internasional.

Penelitian ini dilakukan menggunakan kombinasi metode *Immunoaffinity Column* digunakan untuk memurnikan aflatoxin dari matriks kompleks secara selektif dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) memungkinkan identifikasi dan kuantifikasi senyawa dengan presisi tinggi, bahkan pada kadar sangat rendah (Rosas-Contreras dkk., 2015). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan data awal yang akurat dan relevan untuk mendukung pengawasan keamanan pangan hortikultura di tingkat lokal serta menjadi rujukan untuk kebijakan pengendalian risiko aflatoxin secara berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Keamanan Pangan, UPTD – Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Produk (BPSMP) Dinas Pangan Provinsi Sumatera Barat.

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk pengujian cemaran kimia pada bahan pangan, khususnya aflatoksin pada cabai menggunakan metode *Immunoaffinity Column* dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah blender, timbangan analitik, gelas beaker, erlenmeyer 250 mL, pipet mikro, dan *vacuum manifold*, *fluted filter paper*, *microfire filter*, *Immunoaffinity Column*, tabung reaksi (*test tube*), serta alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) yang berperan penting dalam pemisahan dan kuantifikasi aflatoksin. Bahan-bahan yang digunakan adalah 25 g sampel cabai, 5 g NaCl, serta larutan metanol:air dalam berbagai rasio. Untuk ekstraksi sampel dengan perbandingan 80:20 sebanyak 100 mL. Pengenceran ekstrak dilakukan dengan 20 mL air dan 40 mL air murni (*purified water*). Untuk proses kromatografi kolom dengan perbandingan 20:80 sebanyak 10 mL, serta tambahan 1 mL metanol dan 1 mL *purified water* untuk proses elusi dan pencucian kolom.

Metode Penelitian

a. Persiapan Perlengkapan APD dan Laboratorium

Pada tahap awal, sistem manajemen mutu laboratorium berdasarkan standar ISO 17025 dipelajari dan dipahami. Penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti jas laboratorium, masker, dan sarung tangan dilakukan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Selain itu, alur kerja laboratorium serta standar operasional prosedur (SOP) diperkenalkan sebagai acuan untuk menjaga akurasi dan keamanan selama proses pengujian berlangsung.

b. Pengambilan dan Persiapan Sampel

Sampel cabai diambil secara langsung dari pasar tradisional di Kota Padang. Sebanyak 25 g cabai dan 5 g garam NaCl ditimbang menggunakan timbangan analitik, kemudian dimasukkan ke dalam blender. Untuk proses ekstraksi aflatoksin, ditambahkan 100 mL pelarut campuran metanol dan air dengan perbandingan 80:20. Campuran tersebut kemudian diblender selama 1 menit agar senyawa aflatoksin larut secara optimal dalam pelarut. Hasil ekstraksi disaring menggunakan *fluted filter paper* untuk memisahkan cairan filtrat dari ampas padat. Selanjutnya, sebanyak 10 mL filtrat diambil dan diencerkan dengan 40 mL air suling (*purified water*). Campuran tersebut kemudian disaring kembali menggunakan *microfiber filter* agar bebas dari partikel halus sebelum diproses lebih lanjut melalui kolom afinitas.

c. Pemurnian dengan *Immunoaffinity Column*

Untuk proses pemurnian, digunakan kolom *AflaTest* yang mengandung antibodi spesifik guna mengikat aflatoksin secara selektif. Sebanyak 4 mL filtrat dimasukkan ke dalam kolom agar aflatoksin dapat terikat. Setelah itu, kolom dibilas dua kali menggunakan 10 mL larutan metanol:air (20:80) dengan laju alir sekitar dua tetes per detik untuk menghilangkan senyawa pengganggu. Kolom kemudian dibilas kembali menggunakan 10 mL air suling. Tahap akhir pemurnian dilakukan dengan menambahkan 1 mL metanol murni untuk meluluskan aflatoksin dari kolom.

d. Analisis Aflatoksin dengan HPLC

Hasil elusi dari kolom ditambahkan dengan 1 mL air suling untuk menyesuaikan volume sampel. Cairan ini kemudian dimasukkan ke dalam alat *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Proses analisis dilakukan oleh HPLC dengan memisahkan dan mengukur kandungan aflatoksin berdasarkan waktu retensi dan intensitas sinyal kromatogram. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan kurva standar aflatoksin untuk menentukan kadar aflatoksin B1 dalam sampel cabai yang diuji.

e. Pencatatan dan Evaluasi

Seluruh hasil pengujian dicatat ke dalam formulir hasil uji yang sesuai dengan format yang berlaku di laboratorium. Data hasil pengujian dibahas bersama pembimbing teknis laboratorium untuk mendapatkan validasi teknis. Selanjutnya, hasil tersebut diuji keterbandingan dan kesesuaiannya dengan batas maksimum cemaran berdasarkan standar BPOM dan *Codex Alimentarius*. Data akhir kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan laporan kegiatan dan untuk analisis tingkat keamanan cabai di pasar tradisional Kota Padang.

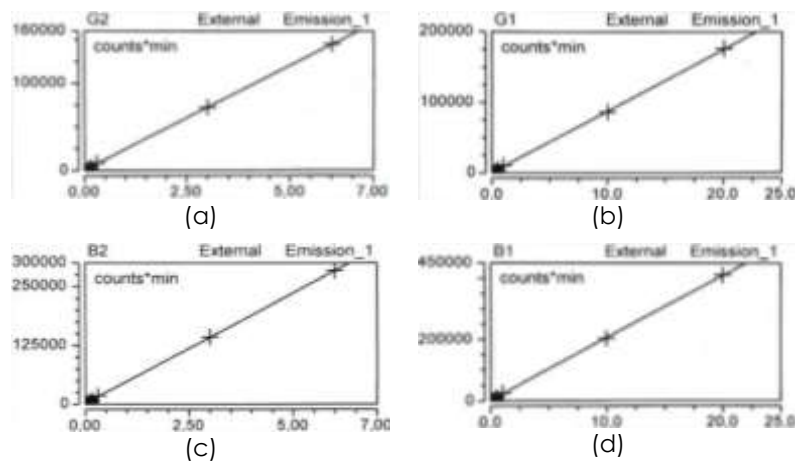
Hasil dan Pembahasan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena sebagian besar penduduknya bekerja di sektor pertanian. Indonesia memiliki lahan pertanian yang luas dan sumber daya alam yang melimpah (Yolanda dkk., 2024). Sumber keanekaragaman hayati di Indonesia merupakan salah satu kekayaan alam yang berperan penting dalam berbagai lapisan masyarakat (Nasrul & Chatri, 2024). Komoditi pangan dan hortikultura perlu mendapat penanganan dan perhatian yang sejajar dengan komoditi lain. Komoditi ini mempunyai prospek pengembangan yang baik karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan potensi pasar yang terbuka lebar (Handayani dkk., 2018)

Cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan komoditas hortikultura penting yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Selain sebagai bumbu masak, cabai memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti capsaicin, vitamin C, dan antioksidan yang bermanfaat bagi nilai gizi dan fungsi pangan (Kuzukiran dkk., 2018). Namun, cabai termasuk komoditas yang rentan terhadap berbagai gangguan pascapanen, baik dari segi kualitas maupun keamanan (Putri dkk., 2024). Salah satu kendala utamanya adalah akibat serangan penyakit, seperti antraknosa yang menyerang tanaman cabe dan dapat menurunkan kualitas dan kuantitas buah cabe. Selain itu, cabai juga rentan terhadap jamur penghasil aflatoksin (Alde Rahmadhani dkk., 2023).

Aflatoksin merupakan mikotoksin berbahaya yang dihasilkan oleh jamur *A. flavus* dan *A. parasiticus*, dengan aflatoksin B1 (AFB1) sebagai tipe yang paling toksik karena bersifat karsinogenik, mutagenik, dan hepatotoksik (Asai dkk., 2012). Senyawa ini juga tahan terhadap panas, sehingga tidak dapat dihilangkan hanya dengan proses memasak biasa. Deteksi dini aflatoksin dalam cabai penting dilakukan untuk menilai tingkat keamanannya. Paparan kronis aflatoksin melalui konsumsi pangan tercemar dilaporkan berkontribusi terhadap gangguan fungsi hati, immunosupresi, serta peningkatan risiko stunting pada anak-anak di negara berkembang (P.Wild & Gong, 2010). Oleh karena itu, pengawasan aflatoksin pada komoditas yang dikonsumsi sehari-hari seperti cabai menjadi sangat penting.

Pada penelitian ini digunakan metode kombinasi antara *Immunoaffinity Column* (IAC) dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). IAC digunakan untuk memurnikan aflatoksin dari matriks kompleks, sementara HPLC berfungsi untuk memisahkan dan mengukur senyawa berdasarkan waktu retensi dan intensitas puncak. Kurva Kalibrasi untuk aflatoksin G2, G1, B2, dan B1 disajikan dalam Gambar 1 yang memperlihatkan kurva kalibrasi masing-masing jenis aflatoksin, di mana sumbu horizontal (x) menunjukkan konsentrasi standar (dalam ppb) dan sumbu vertikal (y) menunjukkan respons detektor berupa luas puncak.



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Standar Aflatoksin: (a) G2, (b) G1, (c) B2, dan (d) B1

Pada Tabel 1 melengkapi grafik tersebut dengan data numerik konsentrasi dan nilai luas puncak untuk tiap standar. Hubungan linier yang terbentuk menunjukkan bahwa detektor HPLC memberikan respons yang proporsional terhadap konsentrasi aflatoksin, yang penting untuk kuantifikasi akurat pada sampel uji.

Tabel 1. Data Kalibrasi Standar Aflatoksin: (a) G2, (b) G1, (c) B2, dan (d) B1

Injection Name	Ret. Time min Emission 1	Area Counts*min Emission 1	Height counts Emission 1	Amount Emission 1
	G2	G2	G2	G2
1.3 ppb	7,125	4009,4750	23906,000	0,134
2.6 ppb	7,117	8637,8083	53047,288	0,326
26 ppb	7,109	72605,7167	450457,390	2,981
52 ppb	7,117	145525,3917	909821,909	6,008
Average	7,117			
Rel. Std. Dev.	0,095 %			

(a)

Injection Name	Ret. Time min Emission 1	Area Counts*min Emission 1	Height counts Emission 1	Amount Emission 1
	G2	G2	G2	G2
1.3 ppb	8,084	4622,4000	26454,520	0,461
2.6 ppb	8,034	10519,2750	58303,410	1,134
26 ppb	8,026	86664,6750	499786,484	9,822
52 ppb	8,026	176593,8930	1013353,933	20,083
Average	8,042			
Rel. Std. Dev.	0,349 %			

(b)

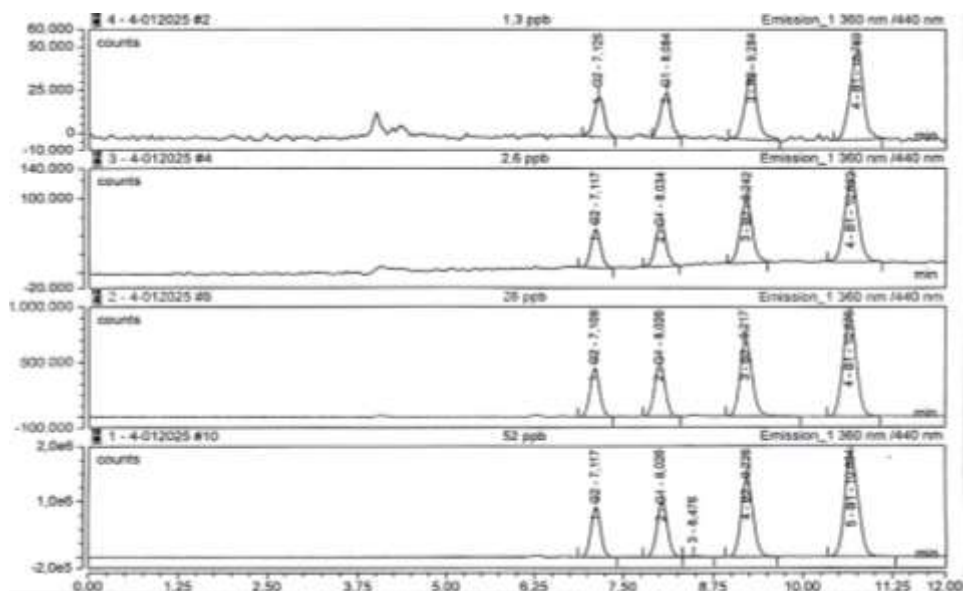
Injection Name	Ret. Time min Emission 1	Area Counts*min Emission 1	Height counts Emission 1	Amount Emission 1
	B2	B2	B2	B2
1.3 ppb	9,284	8104,8167	38563,379	0,126
2.6 ppb	9,242	17155,1792	85297,809	0,318
26 ppb	9,217	143942,7250	713861,480	3,014
52 ppb	9,226	284079,4500	1446881,954	5,993
Average	9,242			
Rel. Std. Dev.	0,320 %			

(c)

Injection Name	Ret. Time min Emission 1	Area Counts*min Emission 1	Height counts Emission 1	Amount Emission 1
	B1	B1	B1	B1
1.3 ppb	10,759	11436,1417	52647,815	0,460
2.6 ppb	10,692	24876,4417	110930,143	1,119
26 ppb	10,676	202925,4083	934515,124	9,853
52 ppb	10,684	411173,6417	1890235,699	20,069
Average	9,242			
Rel. Std. Dev.	0,320 %			

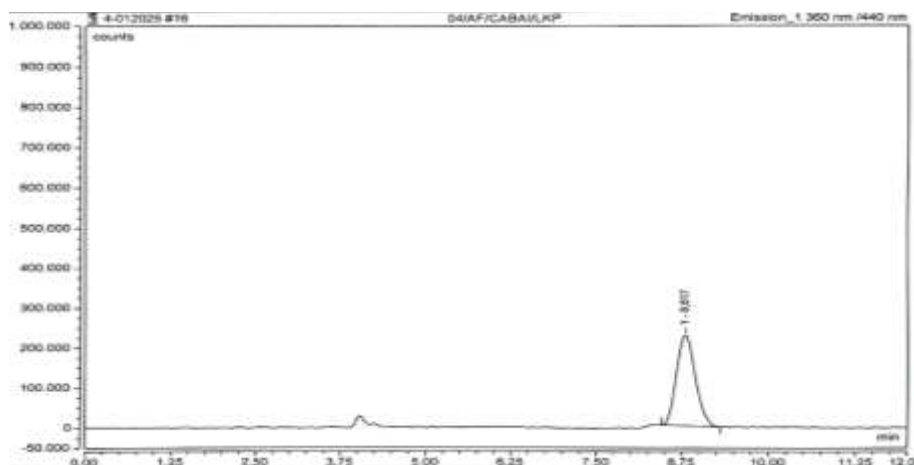
(d)

Selanjutnya, Gambar 2 menunjukkan kromatogram standar aflatoxin yang menampilkan puncak masing-masing senyawa pada waktu retensi spesifik. Aflatoxin B1 tercatat muncul pada waktu retensi sekitar 8,8 menit. Nilai ini digunakan sebagai acuan dalam mengidentifikasi puncak yang muncul pada kromatogram sampel cabai.



Gambar 2. Kromatogram Standar Aflatoxin

Pada Gambar 3, yaitu kromatogram hasil analisis sampel cabai, hanya menunjukkan satu puncak signifikan yang muncul pada waktu retensi 8,817 menit. Karena waktu retensi ini mendekati waktu retensi standar B1, maka puncak tersebut diidentifikasi sebagai aflatoxin B1 (AFB1). Ketidadaan puncak pada waktu retensi aflatoxin G2, G1, dan B2 menunjukkan bahwa ketiga tipe aflatoxin tersebut tidak terdeteksi dalam sampel.



Gambar 3. Kromatogram Sampel Cabai

Pada Tabel 2 menampilkan hasil kuantifikasi kadar aflatoxin berdasarkan puncak pada kromatogram. Dari data tersebut, kuantifikasi menunjukkan bahwa kadar AFB1 dalam sampel adalah sebesar 0,8155 ppb. Kadar ini hanya sekitar 4% dari ambang batas maksimum 20 ppb yang ditetapkan oleh BPOM dan *Codex Alimentarius* (Ferreira dkk., 2007). Hasil ini menunjukkan bahwa sampel cabai masih aman dikonsumsi. Namun, karena aflatoxin bersifat kumulatif, pengawasan rutin tetap diperlukan (Rosas-Contreras dkk., 2015).

Tabel 2. Hasil Kuantifikasi Aflatoxin pada Sampel Cabai: (a) G2, (b) G1, (c) B2, dan (d) B1.

Name	Time min	Area	Resolution	Height	S/N	Amount
	Emission_1 G2	Counts*min Emission_1 G2	(EP) Emission_1 G2	counts Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2
04/AF/CABAI /LKP	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum:	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Average:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Rel.Std.Dev:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

(a)

Name	Time min	Area	Resolution	Height	S/N	Amount
	Emission_1 G2	Counts*min Emission_1 G2	(EP) Emission_1 G2	counts Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2
04/AF/CABAI /LKP	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum:	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Average:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Rel.Std.Dev:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

(b)

Name	Time min	Area Counts*min	Resolution (EP)	Height counts	S/N	Amount
	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2
04/AF/CABAI /LKP	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum:	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Average:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Rel.Std.Dev:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

(c)

Name	Time min	Area Counts*min	Resolution (EP)	Height counts	S/N	Amount
	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2	Emission_1 G2
04/AF/CABAI /LKP	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum:	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Average:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Rel.Std.Dev:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

(d)

Tidak terdeteksinya aflatoksin tipe B2, G1, dan G2 sesuai dengan kecenderungan dominansi *A. flavus* menghasilkan tipe B dibanding tipe G (Singh & Cotty, 2019). Secara visual, kontaminasi aflatoksin pada cabai biasanya ditandai dengan bercak keputihan atau kehijauan, bau apek, dan tekstur yang lembek (Gherbawy dkk., 2015). Studi lain juga menyebutkan isolat *A. flavus* dari cabai yang dijual di pasar tradisional banyak mengandung gen penghasil aflatoksin aktif (Rajendran dkk., 2021).

Pencegahan kontaminasi aflatoksin dapat dilakukan melalui pengeringan optimal, penyimpanan di tempat yang kering dan berventilasi baik, serta penghindaran dari kelembapan tinggi (Sarwar & Khan, 2020). Selain itu, penggunaan ekstrak rempah seperti lada hitam dan jintan hitam terbukti efektif menghambat pertumbuhan *A. flavus* dan produksi aflatoksin (Ibrahim dkk., 2017). Strategi lain meliputi penggunaan strain non-aflatoksigenik (Ezekiel dkk., 2019), serta pemilihan varietas cabai yang lebih tahan terhadap kontaminasi seperti 'Wonder Hot' menunjukkan kadar aflatoksin yang lebih rendah dibandingkan varietas lain seperti 'Longi' dan 'Skyline 1' (Iqbal dkk., 2010). Perlakuan panas dan penyimpanan vakum yang terbukti menurunkan kadar aflatoksin, meskipun dapat menurunkan kandungan gizi tertentu seperti vitamin (Bashir dkk., 2022).

Strategi jangka panjang seperti pemetaan genetik dan identifikasi haplotipe *A. flavus* juga dapat digunakan untuk pengendalian berkelanjutan (Singh dkk., 2022). Serta penyimpanan dalam kondisi kedap udara terbukti efektif menjaga mutu fisik dan kimia cabai dalam jangka waktu panjang (Duman, 2010). Dengan hasil kuantifikasi AFB1 yang tergolong rendah, dapat disimpulkan bahwa cabai dari pasar tradisional Kota Padang relatif aman untuk dikonsumsi. Namun, pengawasan rutin dan edukasi pedagang serta petani tetap diperlukan untuk mencegah peningkatan risiko kontaminasi di masa mendatang.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas Pangan Provinsi Sumatera Barat, khususnya kepada Laboratorium Keamanan Pangan, UPTD - Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Produk (BPSMP), atas izin, fasilitas, dan bimbingan yang telah diberikan selama pelaksanaan kegiatan penelitian dan pengambilan data serta dukungan teknis dan juga kesempatan magang yang diberikan sangat membantu kelancaran proses analisis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alde Rahmadhani, D., Anhar, A., & Chatri, M. (2023). Effect of Kersen Leaves Suspension (*Muntingia calabura* L.) Against Anthracnose Diseases in Post Harvest Chili Fruit Caused by *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butle. et Bisby. *Serambi Biologi*, 8(3), 384–390.
- Asai, T., Tsuchiya, Y., Okano, K., Piscocya, A., Nishi, C. Y., Ikoma, T., Oyama, T., Ikegami, K., & Yamamoto, M. 2012. Aflatoxin contamination of red chili pepper from bolivia and peru, countries with high gallbladder cancer incidence rates. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 13(10): 5167–5170.
- Bashir, O., Sharma, V., Zameer, S., Bazila, H., Amin, T., Ameer, K., Ahmad, S., Sobiya, B., & Ahmed, I. A. M. 2022. Effect of roasting and frying treatments on aflatoxins and capsaicinoids content and nutritional profile of green chilies (*Capsicum annum* L.). *Food Science & Nutrition*. 10, 3672–3679.
- B POM RI. 2019. *Pedoman Pangan Siap Saji*. <https://standarpangan.pom.go.id>
- Duman, A. D. 2010. Storage of red chili pepper under hermetically sealed or vacuum conditions for preservation of its quality and prevention of mycotoxin occurrence. *Journal of Stored Products Research*. 46(3): 155–160.
- Ezekiel, C. N., Ortega-beltran, A., Oyedeji, E. O., Atehnkeng, J., Kössler, P., Tairu, F., Hoeschle-zeledon, I., Karlovsky, P., Cotty, P. J., & Bandyopadhyay, R. 2019. Aflatoxin in Chili Peppers in Nigeria : Extent of Contamination and Control Using Atoxigenic *Aspergillus flavus* Genotypes as Biocontrol Agents. *Toxins*. 11, 429.
- Ferreira, I. M. P. L. V. O., Mendes, E., & Oliveira, M. B. P. P. 2007. Quantification of Aflatoxins B1, B2, G1, and G2 in Pepper by HPLC/Fluorescence. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 27(2): 325–334.
- Gherbawy, Y. A., Shebany, Y. M., Hussein, M. A., & Maghraby, T. A. 2015. Biological Sciences Department, Faculty of Science, Taif University,. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*. 67(1): 223–234.
- Handayani, D., Fifendy, M., & Yesni, V. 2018. Isolation of Phosphate Solubilizing Endophytic Fungi From Rice Plant Root. *Bioscience*. 2(1): 93.
- Handayani, D., Putri, D. H., & Oktaviani, M. 2021. Antimicrobial activity of endophytic fungi from Andalus (*Morus macroura* Miq.) plant. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1940, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.
- Ibrahim, F., Asghar, M. A., Iqbal, J., Ahmed, A., & Khan, A. B. 2017. Inhibitory effects of natural spices extracts on *Aspergillus* growth and aflatoxin synthesis. *Australian Journal of Crop Science*. 11(12): 1553–1558.
- Iqbal, S. Z., Paterson, R. R. M., Bhatti, I. A., Asi, M. R., Sheikh, M. A., & Bhatti, H. N. 2010. Aflatoxin B 1 in chilies from the Punjab region , Pakistan. *Mycotox Res*. 26: 205–209.
- Kuzukiran, O., Filazi, A., Yurdakok-Dikmen, B., Ozansoy-Cengiz, G., Gurcan, I. S., Karabulut, E., & Sireli, U. T. 2018. The effects of aflatoxin residues on nutritional contents in ground red chili peppers (*Capsicum annum*). *Toxin Reviews*. 39(4): 361–370.

- Nasrul, P. I., & Chatri, M. (2024). Peranan Metabolit Sekunder sebagai Antifungi. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 15832–15844.
- P.Wild, C., & Gong, Y. Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis*, 31(1), 1–2.
- P.Wild, Christopher., & Gong, Yun Yun. 2010. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carsigonesis*. 31(1), 1-2.
- Putri, R., Razak, A., Fevria, R., & Yuniarti, E. (2024). Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Teknologi Nano Dari Limbah Perut Ikan Tuna Mata Besar (*Thunnus obesus*) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Serambi Biologi*, 9(2), 199–207.
- Rajendran, S., Shunmugam, G., Vaikuntavasen, P., Palanisamy, J., & Subbiah, S. 2021. Isolation and Screening of Chilli Pepper for Fungal Contamination and Aflatoxin Production. *International Journal of Plant & Soil Science*. 33(9): 20–25.
- Rosas-Contreras, C., Carvajal-Moreno, M., Rojo-Callejas, F., & Ruiz-Velasco, S. 2015. Identification and HPLC Quantification of Aflatoxins in Dried Chili Peppers (*Capsicum annum* L.) in Mexico and Other Countries. *Journal of Drug Metabolism & Toxicology*. 01(S10): 1–11.
- Singh, P., & Cotty, P. J. 2019. International Journal of Food Microbiology Characterization of *Aspergilli* from dried red chilies (*Capsicum* spp.): Insights into the etiology of a fl atoxin contamination. *International Journal of Food Microbiology*. 289: 145–153.
- Singh, P., Mehl, H. L., Orbach, M. J., Callicott, K. A., & Cotty, P. J. (2022). Genetic Diversity of *Aspergillus flavus* Associated with Chili in Nigeria and Identification of Haplotypes with Potential in Aflatoxin Mitigation. *Plant Disease*, 106(7), 1818–1825.
- Sarwar, A., & Khan, S. A. 2020. Implementation of Best Practices to Ensure Aflatoxin Controlled Chili Production from Post Harvesting to Customer in Developing Country. *Journal of Education Management & Social Science*. 1(1): 2709–6300.
- Yolanda, R., Handayani, D., Anhar, A., & Irdawati. 2024. Isolasi Cendawan Pelarut Fosfat dari Tanah Hutan Lembah Harau. *Serambi Biologi*, 8(2), 199–204.