

DEKONTAMINASI *Aspergillus flavus* PENGHASIL AFLATOKSIN DENGAN TEKNIK OZONASI

ANDALUSIA TRISNA SALSABILA



**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dekontaminasi *Aspergillus flavus* Penghasil Aflatoksin dengan Teknik Ozonasi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 23 Oktober 2024



Andalusia Trisna Salsabila
F2501222025

* Pelimpahan hak cipta atas karya tulis dari penelitian kerja sama dengan pihak luar IPB harus didasarkan pada perjanjian kerja sama yang terkait.



RINGKASAN

ANDALUSIA TRISNA SALSABILA. Dekontaminasi *Aspergillus flavus* Penghasil Aflatoksin dengan Teknik Ozonasi. Dibimbing oleh WINIATI P. RAHAYU dan DIAN HERAWATI.

Kontaminasi aflatoksin (AF) pada bahan pangan sering terjadi akibat adanya *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) yang dapat tumbuh pada kondisi penyimpanan yang kurang baik. Dalam satu dekade terakhir telah banyak penelitian efektivitas teknik ozonasi dalam dekontaminasi aflatoksin pada berbagai bahan pangan. Penelitian ini bertujuan untuk merangkum dan menyintesis berbagai literatur penelitian dalam rentang waktu 2014-2024 mengenai faktor-faktor teknik ozonasi dalam dekontaminasi aflatoksin, serta memetakan perkembangan dan tren penelitian topik terkait. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi efektivitas ozonasi yang dipengaruhi oleh durasi waktu paparan terhadap aktivitas air (a_w), dekontaminasi aflatoksin, jumlah *A. flavus* pada biji kedelai serta kerusakan dan penghambatan pertumbuhan morfologi *A. flavus* setelah paparan ozonasi.

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu ulasan sistematik literatur dan aplikasi teknik ozonasi. Tahap pertama berfokus pada ulasan sistematik literatur dan pemetaan bibliometrik. Metode yang dilakukan meliputi perumusan pertanyaan penelitian dengan kerangka PICO, penentuan kriteria inklusi dan eksklusi, pencarian literatur dengan perangkat lunak POP, seleksi literatur dengan metode PRISMA 2020, serta ekstraksi dan analisis data. Pemetaan bibliometrik menggunakan pendekatan *co-word analysis* mencakup *network*, *overlay*, dan *density visualization* yang dilakukan dengan perangkat lunak VOSviewer. Hasil pencarian literatur didapatkan 655 literatur yang diidentifikasi pada rentang 2014-2024, namun hanya 35 yang memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis lebih lanjut. Sebaran jumlah literatur berfluktuasi setiap tahun, dengan puncak tertinggi pada tahun 2016 sebanyak 6 literatur. Berbagai faktor seperti durasi, dosis, suhu, jarak, dan kadar air diuji untuk mengetahui efektivitas ozonasi terhadap *A. flavus* dan aflatoksin. Kombinasi faktor *durasi dan dosis* ozonasi paling banyak diteliti yaitu 15 dari 35 literatur inklusi. Secara keseluruhan, ulasan sistematik literatur merangkum bukti ozonasi efektif dalam menurunkan kadar aflatoksin dan menghambat pertumbuhan *A. flavus*, tetapi penggunaan dosis tinggi atau durasi paparan yang terlalu lama perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kualitas bahan pangan. Hasil pemetaan bibliografi *co-word analysis* menunjukkan bahwa penelitian mengenai dekontaminasi aflatoksin menggunakan teknik ozonasi telah banyak dilakukan dalam satu dekade terakhir, dengan berbagai istilah yang mencerminkan tren topik penelitian saat ini. Meskipun demikian, masih ada sejumlah faktor lain yang dapat memengaruhi efektivitas ozonasi yang belum banyak diteliti, dan hal ini dapat menjadi acuan untuk penelitian di masa mendatang. Selain itu, potensi penerapan teknik ozonasi pada berbagai komoditas pangan lainnya masih sangat luas untuk dieksplorasi lebih lanjut.

Tahap kedua berupa aplikasi teknik ozonasi pada biji kedelai. Metode yang dilakukan meliputi inokulasi kultur *A. flavus* BIO 3313 pada biji kedelai dan diinkubasi selama 20 hari pada suhu 30°C dan kelembapan relatif 95% untuk merangsang produksi aflatoksin. Paparan ozon dilakukan menggunakan teknik



corona discharge pada tegangan 125 volt dan dosis 10 ppm selama 30 dan 60 menit. Hasil terbaik terjadi pada paparan ozon 10 ppm selama 60 menit, dengan penghilangan 97% aflatoksin B1 (AFB1), 96% AFB2, dan 97% total AFB, serta jumlah *A. flavus* berkurang sebesar 2 log CFU/g. Ozonasi juga menurunkan nilai aktivitas air (a_w) pada kedelai, baik yang tidak diinokulasi maupun yang diinokulasi dengan *A. flavus* dari 0,72 menjadi 0,67 dan dari 0,89 menjadi 0,87. Kerusakan morfologi *A. flavus* terlihat jelas setelah paparan ozonasi, ditandai dengan konidia dan sterigma yang mengalami kegagalan pertumbuhan dan warna yang memudar serta pelepasan struktur konidia dan sterigma yang telah terbentuk. Paparan ozon juga dapat menyebabkan penyusutan ukuran konidiofor.

Kata kunci: Aflatoksin, *Aspergillus flavus*, dekontaminasi, kedelai, ozonasi

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

ANDALUSIA TRISNA SALSABILA. Decontamination of *Aspergillus flavus* Producing Aflatoxins Through Ozonation Techniques. Supervised by WINIATI P. RAHAYU and DIAN HERAWATI.

Aflatoxin (AF) contamination in food often occurs due to *Aspergillus flavus* (*A. flavus*), which can grow in poor storage conditions. In the last decade, many studies have shown the effectiveness of ozonation techniques in aflatoxin decontamination in various food materials. This study aims to summarize and synthesize various research literature in the 2014-2024 period regarding ozonation technique factors in aflatoxin decontamination, as well as to map the development and trends of research on related topics. The study also aims to identify the effectiveness of ozonation, which is influenced by the duration of exposure to water activity (a_w), aflatoxin decontamination, the amount of *A. flavus* in soybean seeds, and damage and inhibition of *A. flavus* morphological growth after exposure to ozonation.

This study is divided into two stages: a systematic review of the literature and the application of the ozonation technique. The first stage focuses on a systematic literature review and bibliometric mapping. The methods used include formulating research questions with the PICO framework, determining inclusion and exclusion criteria, searching literature with POP software, selecting literature with the PRISMA 2020 method, and extracting and analyzing data. Bibliometric mapping using the co-word analysis approach includes network, overlay, and density visualization with VOSviewer software. The literature search results obtained 655 literatures identified in the 2014-2024 range, but only 35 met the inclusion criteria for further analysis. The distribution of the number of literatures fluctuates every year, with the highest peak in 2016 of 6 literature. Various factors, such as duration, dose, temperature, distance, and water content, were tested to determine the effectiveness of ozonation on *A. flavus* and aflatoxin. The combination of ozonation duration and dose factors was the most studied, namely 15 out of 35 included literatures. Overall, the systematic review of the literature summarizes evidence that ozonation effectively reduces aflatoxin levels and inhibits the growth of *A. flavus*. Still, the use of high doses or too long exposure durations needs to be considered because it can affect the quality of food ingredients. The co-word analysis bibliography mapping results show that research on aflatoxin decontamination using ozonation techniques has been widely conducted in the last decade, with various terms that reflect current research topic trends. However, several other factors that can affect the effectiveness of ozonation have not been widely studied, and this can be a reference for future research. In addition, the potential for applying ozonation techniques to various other food commodities is still vast to explore further.

The second stage is the application of ozonation techniques to soybean seeds. The method used includes inoculating *A. flavus* BIO 3313 culture on soybean seeds and incubating for 20 days at a temperature of 30°C and a relative humidity of 95% to stimulate aflatoxin production. Ozone exposure was carried out using the corona discharge technique at 125 volts and a dose of 10 ppm for 30 and 60 minutes. The best results occurred at 10 ppm ozone exposure for 60 minutes, with the removal of 97% aflatoxin B1 (AFB1), 96% AFB2, and 97% total AFB, and the number of *A. flavus* decreased by 2 log CFU/g. Ozonation also reduced the water activity (a_w) value in soybeans, both uninoculated and inoculated with *A. flavus*, from 0.72 to 0.67 and from 0.89 to 0.87. Morphological damage of *A. flavus* was clearly visible after

@Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

exposure to ozonation, characterized by conidia and sterigma that experienced growth failure and faded color and the release of conidial and sterigma structures that had been formed. Ozone exposure can also cause shrinkage of conidiophore size.

Keywords: Aflatoxin, *Aspergillus flavus*, decontamination, ozonation, soybean

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



DEKONTAMINASI *Aspergillus flavus* PENGHASIL AFLATOKSIN DENGAN TEKNIK OZONASI

ANDALUSIA TRISNA SALSABILA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Pangan

**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.T.P., M.Sc.

Judul Tesis : Dekontaminasi Aflatoksin dengan Teknik Ozonasi
Nama : Andalusia Trisna Salsabila
NIM : F2501222025

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Winiati P. Rahayu
NIP. 19560813 198201 2 001



Pembimbing 2:
Dr. Dian Herawati, S.T.P., M.Si
NIP.19750111 200701 2 001



Diketahui oleh

Ketua Prog Studi:
Prof. Dr. Ir. Harsi D. Kusumaningrum
NIP 196405021993032004



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
NIP 196105021986031002



Tanggal Ujian: 21 November 2024

Tanggal Pengesahan: 06 Desember 2024



PRAKATA

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Dekontaminasi Aflatoksin dengan Teknik Ozonasi”. Tesis ini digunakan untuk memenuhi persyaratan dalam meraih gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Winiati P. Rahayu, Dr. Dian Herawati, S.T.P., M.Si selaku pembimbing atas segala bimbingan, waktu, motivasi, kesabaran, dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini. Terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc yang telah memberikan fasilitas penggunaan alat plasma ozonasi yang dipergunakan pada penelitian ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen moderator seminar Prof. Dr. Ir. Ika Amalia Kartika, MT., IPM, dosen penguji luar komisi pembimbing Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.T.P., M.Sc. dan dosen perwakilan program studi Dr. Ir. Endang Prangdimurti, M.Si, serta staf laboratorium (Bu Ari, Mbak Vida, Pak Ahmad, dan Mbak Ulfa) dan staf akademik program studi (Mba Fadinda dan Mba May) yang telah banyak membantu penulis selama penelitian dan penyelesaian karya ilmiah ini.

Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Orang Tua penulis yaitu Ibu Ir. Ismatul Mas’adah dan Bapak Drs. Ec Syaiful Anam, Kakak kandung Anggara Trisna Nugraha, S.T., M.T, Kakak ipar Ir. Rachma Prilian Eviningsih, S.T., M.T, Tunangan Nahrie Mazaya, S.M, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dan dukungan penuh sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman terdekat Kak Yuka, Kak Sendy, Kak Ratri, Kak Esti, Mbak Via, Uti, almarhum Dava dan teman-teman Ilmu Pangan 2022 yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan kebersamaannya selama di IPB.

Semoga tesis ini dapat memberikan banyak manfaat bagi banyak pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan

Bogor, September 2024



Andalusia Trisna Salsabila
NIM F2501222025



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kontaminasi <i>A. flavus</i> penghasil aflatoksin	3
2.2 Teknik ozonasi	5
2.3 Ulasan Sistematis Literatur dan Bibliografi	7
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.4 Dekontaminasi Aflatoksin Menggunakan Teknik Ozonasi: Ulasan Sistematis Literatur dan Pemetaan Bibliometrik	12
3.5 Dekontaminasi <i>A. flavus</i> Penghasil Aflatoksin pada Biji Kedelai dengan Teknik Ozonasi	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Sistematis Literatur dan Pemetaan Bibliometrik: Dekontaminasi Aflatoksin Menggunakan Teknik Ozonasi	17
4.1.1. Dosis dan Durasi Paparan Ozon	19
4.1.2. Kombinasi Dosis dan Durasi Paparan Ozon	20
4.1.3. Kondisi Ozonasi Lainnya	23
4.1.4. Peta Perkembangan Tren Penelitian Dekontaminasi Aflatoksin dengan Teknik Ozonasi	28
4.2 Dekontaminasi <i>A. flavus</i> Penghasil Aflatoksin pada Biji Kedelai dengan Teknik Ozonasi	30
4.2.1. Aktivitas Air Biji Kedelai dan Biji Kedelai yang Diinokulasi	30
4.2.2. Pengaruh Ozonasi terhadap Total <i>A. flavus</i> pada Biji Kedelai	32
4.2.3. Pengaruh Ozonasi terhadap Morfologi <i>A. flavus</i>	33
4.2.4. Pengaruh Ozonasi terhadap Kadar Aflatoksin pada Biji Kedelai	35
V SIMPULAN DAN SARAN	38
4.3. Simpulan	38
4.4. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39

LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Kriteria inklusi dan eksklusi	12
2	Jumlah literatur dekontaminasi aflatoksin berdasarkan faktor perlakuan ozonasi	19
3	Perlakuan terbaik teknik ozonasi kombinasi dosis dan durasi terhadap aflatoksin, <i>A. flavus</i> dan mutu bahan pangan	25
4	Perubahan a_w biji kedelai dan biji kedelai yang diinokulasi dengan <i>A. flavus</i> 10^6 CFU/g selama 20 hari setelah ozonasi dengan dosis 10 ppm	31
5	Penurunan jumlah <i>A. flavus</i> setelah ozonasi 10 ppm	33
6	Perubahan kadar aflatoksin pada kedelai setelah ozonasi dosis 10 ppm	36

DAFTAR GAMBAR

1	Grafik pertumbuhan <i>A. flavus</i> dan produksi aflatoksin (modifikasi dari Tripathi dan Mishra 2009)	3
2	Struktur aflatoksin (modifikasi dari Li <i>et al.</i> 2015)	4
3	Skema plasma <i>dielectric barrier discharge</i> (DBD) (modifikasi dari Daneshniya <i>et al.</i> 2019)	6
4	Instrumen analisis bibliometrik (modifikasi dari Donthu <i>et al.</i> 2021)	9
5	Kerangka penelitian	11
6	Alur seleksi literatur menggunakan PRISMA 2020	17
7	Sebaran jumlah literatur dekontaminasi aflatoksin dengan Teknik ozonasi yang diterbitkan pada rentang 2014-2024	18
8	Hasil pemetaan <i>network visualization</i> penelitian dekontaminasi aflatoksin dengan ozonasi	28
9	Hasil pemetaan <i>overlay visualization</i> penelitian dekontaminasi aflatoksin dengan ozonasi	29
10	Hasil pemetaan <i>density visualization</i> penelitian dekontaminasi aflatoksin dengan ozonasi	30
11	Pertumbuhan <i>A. flavus</i> pada kedelai di media AFPA	32
12	Morfologi <i>A. flavus</i> pada perbesaran 10x100 setelah ozonasi 10 ppm 60 menit. (A) Morfologi <i>A. flavus</i> yang tidak diberikan perlakuan/kontrol. (B) Inkubasi 72 jam-ozonasi. (D) Inkubasi 24 jam-ozonasi-inkubasi 48 jam	34
13	Struktur dan komposisi dinding sel <i>A. flavus</i> dan mekanisme kematiannya oleh ozon (modifikasi dari Garcia-Rubio <i>et al.</i> 2020)	35
14	Persentase penurunan AFB1, AFB2, dan Total AF pada kedelai setelah ozonasi 10 ppm. Kedelai yang digunakan telah diinokulasi dengan <i>A. flavus</i> 10^6 CFU/g.	36
15	Mekanisme dekontaminasi aflatoksin oleh ozon (Modifikasi dari Diao <i>et al.</i> 2012; McKenzie <i>et al.</i> 1997)	37



DAFTAR LAMPIRAN

1	Data literatur inklusi	49
2	Hasil analisis sidik ragam	50
3	Hasil analisis uji lanjut Duncan	51