

PENAPISAN DAN IDENTIFIKASI ISOLAT KHAMIR TOLERAN AFLATOKSIN B₁ SERTA DETEKSI GEN DETOKSIFIKASINYA

TIARA MARKHAIRINA ARTUTI



**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penapisan dan Identifikasi Isolat Khamir Toleran Aflatoksin B₁ serta Deteksi Gen Detoksifikasinya” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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 skripsi ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Tiara Markhairina Artuti
G3401221036



@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.



ABSTRAK

TIARA MARKHAIRINA ARTUTI. Penapisan dan Identifikasi Isolat Khamir Toleran Aflatoksin B₁ serta Deteksi Gen Detoksifikasinya. Dibimbing oleh RIKA INDRI ASTUTI dan NISA RACHMANIA MUBARIK.

Kontaminasi aflatoksin B₁ (AFB₁) pada pangan menjadi ancaman bagi kesehatan karena bersifat karsinogenik, stabil, dan tahan terhadap berbagai proses pengolahan. Pemanfaatan khamir sebagai agen biologis menjadi alternatif aman dan ramah lingkungan untuk mengurangi cemaran AFB₁. Penelitian ini bertujuan memperoleh dan mengidentifikasi isolat khamir toleran AFB₁ serta mendeteksi kandidat gen yang berperan dalam proses detoksifikasi aflatoksin pada isolat terpilih. Uji toleransi dilakukan menggunakan metode *spot assay* pada media YPDA yang mengandung AFB₁ konsentrasi 50, 100, dan 200 ppb. Isolat terpilih diidentifikasi melalui sekuensing daerah ITS dan analisis filogenetik, sedangkan deteksi kandidat gen dilakukan menggunakan primer *epoxide hydrolase* (EH) dan *ATP-binding cassette transporter* (YCF1) melalui PCR. Sebagian besar isolat mampu bertahan hingga 200 ppb AFB₁ dengan toleransi terbaik pada BT1 dan *Pichia kudriavzevii* 1P4. Analisis molekuler mengidentifikasi BT1 sebagai *Wickerhamomyces anomalus* (homologi 100%). Amplifikasi gen *EH* dan *YCF1* tidak menghasilkan ampikon target pada kedua isolat meskipun telah dilakukan optimasi PCR. Temuan ini menunjukkan bahwa isolat BT1 dan 1P4 merupakan khamir toleran AFB₁. Tidak terdeteksinya gen *EH* dan *YCF1* saat PCR diduga akibat variasi genetik kedua gen terhadap khamir *S. cerevisiae* ataupun ketiadaan gen ini pada kedua isolat, mengindikasikan dugaan adanya jalur detoksifikasi lain di luar gen *EH* dan *YCF1* yang diuji.

Kata kunci: biodegradasi, mitotoksin, pangan, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), *spot assay*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University

ABSTRACT

TIARA MARKHAIRINA ARTUTI. Screening and Identification of Aflatoxin B₁ Tolerant Yeast Isolates and Detection of Their Detoxification Genes. Supervised by RIKA INDRI ASTUTI and NISA RACHMANIA MUBARIK.

Aflatoxin B₁ (AFB₁) contamination in food is a serious health risk because it is carcinogenic, stable, and resistant to processing methods. Using yeast as a biological agent offers a safe and environmentally friendly alternative for reducing AFB₁ contamination. This study aimed to obtain and identify AFB₁-tolerant yeast isolates and to detect candidate genes involved in aflatoxin detoxification in selected isolates. Tolerance was tested using the spot assay on YPDA medium with AFB₁ at 50, 100, and 200 ppb. Selected isolates were identified by ITS region sequencing and phylogenetic analysis, whereas candidate genes were detected by PCR using primers for *epoxide hydrolase* (EH) and *ATP-binding cassette transporter* (YCF1). Most isolates survived up to 200 ppb AFB₁, with the highest tolerance observed in BT1 and *Pichia kudriavzevii* 1P4. Molecular analysis identified BT1 as *Wickerhamomyces anomalus* (100% homology). Amplification of the *EH* and *YCF1* genes failed to produce target amplicons in either isolate despite PCR optimization. These findings indicate that BT1 and 1P4 are AFB₁-tolerant yeasts. The failure to detect the *EH* and *YCF1* genes may result from genetic variations relative to *Saccharomyces cerevisiae* or from their absence in both isolates, suggesting the presence of alternative detoxification pathways beyond those investigated.

Keywords: biodegradation, mitotoxin, food, Polymerase Chain Reaction (PCR), spot assay



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 2026
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.

PENAPISAN DAN IDENTIFIKASI ISOLAT KHAMIR TOLERAN AFLATOKSIN B₁ SERTA DETEKSI GEN DETOKSIFIKASINYA

TIARA MARKHAIRINA ARTUTI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Biologi

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 Skripsi: Prof. Dr. Dra. Triadiati, M.Si.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Penapisan dan Identifikasi Isolat Khamir Toleran Aflatoksin B₁
serta Deteksi Gen Detoksifikasinya

Nama : Tiara Markhairina Artuti

NIM : G3401221036

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:

Dr. Dra. Nisa Rachmania Mubarik, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Biologi:

Prof. Dr. Ir. Iman Rusmana, M.Si.

NIP. 196507201991031002

Tanggal Ujian: 17 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Mei 2026 ini ialah Khamir Toleran Aflatoksin B₁, dengan judul “Penapisan dan Identifikasi Isolat Khamir Toleran Aflatoksin B₁ serta Deteksi Gen Detoksifikasinya”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh dosen atas ilmu yang telah diberikan, khususnya kepada para pembimbing, Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si. dan Dr. Dra. Nisa Rachmania Mubarik, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Dra. Triadiati, M.Si. sebagai penguji ujian skripsi atas saran yang diberikan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada pembimbing akademik Prof. Dr. Ir. Rika Raffiudin, M.Si., koordinator ujian sidang akhir Dr. Dra. Sri Listiyowati, M.Si., koordinator seminar Dr. Ivan Permana Putra, S.Si., M.Si., moderator seminar hasil Prof. Dr. Ir. Iman Rusmana, M.Si., dan moderator seminar proposal Prof. Dr. Ir. Tatik Chikmawati, M.Si.. Terima kasih juga diucapkan kepada Mas Endan dan seluruh tendik atas bantuan dan pelayanan yang diberikan selama penulis menempuh program Sarjana.

Ungkapan terima kasih yang tulus penulis persembahkan kepada Mama, Papa, Mas Julio, Mas Rofy, Kak Ayu serta seluruh keluarga tercinta atas doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan penyusunan skripsi ini.

Penghargaan penulis sampaikan kepada Zahara Intan Maharani atas kebersamaan dan kerja sama selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih kepada Yassirli Nikma Rizkiya atas segala dukungan, masukan, dan kesediaannya menjadi teman berdiskusi selama menempuh studi. Apresiasi penulis sampaikan kepada Ibu Dewi, Ibu Pepi, Ibu Neng dan Bapak Indra, serta seluruh staf laboratorium lainnya yang telah membantu selama pengumpulan data. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Faiza, Dea, Calista, Fenni, Kak Nurul, Kak Ramzy, Kak Fadhilah, dan rekan-rekan Laboratorium Bioenergi dan Bioprospeksi Mikrob lainnya atas arahan, bantuan, diskusi, dan saran selama penelitian.

Secara khusus, penulis juga berterima kasih kepada Sarah, Adinda, Nida, Fadhila, Haifa, Nurul, Dizha, Nazwa, Syakira, Meyra, dan sahabat-sahabat lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas kebersamaan, bantuan, dukungan, dan doa yang selalu menguatkan hingga penulisan skripsi ini. Terima kasih kepada teman-teman Orcinus Aegis Biologi 59 atas kebersamaan dan semangat yang diberikan selama masa perkuliahan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Tiara Markhairina Artuti



@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 TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	5
2.3.1 Peremajaan Isolat Khamir dan Pengamatan Mikroskopis	5
2.3.2 Uji Cekaman AFB ₁ dengan Metode <i>Spot Assay</i>	5
2.3.3 Identifikasi Khamir secara Molekuler	5
2.3.4 Amplifikasi Gen terkait Detoksifikasi Aflatoksin B ₁	6
2.4 Analisis Data	6
2.4.1 Analisis Similaritas Isolat Khamir BT1	6
2.4.2 Analisis Filogenetik	7
III HASIL DAN PEMBAHASAN	8
3.1 Hasil	8
3.1.1 Karakteristik Morfologi Koloni dan Sel Khamir	8
3.1.2 Uji Toleransi Khamir terhadap Cekaman AFB ₁	10
3.1.3 Identifikasi Molekuler dan Analisis Similaritas Isolat Khamir Terpilih	11
3.1.4 Amplifikasi Gen <i>Epoxide Hydrolase</i> (EH) dan <i>ATP-Binding Cassette Transporter</i> (YCF1)	13
3.2 Pembahasan	14
IV SIMPULAN DAN SARAN	20
4.1 Simpulan	20
4.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	25
RIWAYAT HIDUP	31



DAFTAR TABEL

1	Isolat khamir yang digunakan	4
2	Sekuens primer untuk PCR	6
3	Karakterisasi morfologi koloni sepuluh isolat khamir pada media YPD	8
4	Karakterisasi morfologi sel sepuluh isolat khamir pada media YPD cair	9
5	Konsentrasi dan kemurnian DNA genom hasil ekstraksi dari isolat khamir terpilih	11
6	Analisis homologi BLASTn isolat BT1 berdasarkan sekuen ITS rRNA	12

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur kimiawi aflatoxin B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₃ , M ₁ , dan M ₂ (Dhanasekaran <i>et al.</i> 2011)	1
2	Morfologi koloni dari isolat khamir perbesaran 32x mikroskop stereo	9
3	Morfologi sel isolat khamir perbesaran 1000x mikroskop cahaya	10
4	Viabilitas berbagai isolat khamir terhadap cekaman aflatoxin B ₁ konsentrasi (50, 100, dan 200 ppb)	11
5	Visualisasi hasil elektroforesis produk PCR gen <i>ITS</i> isolat BT1	12
6	Pohon filogenetik isolat khamir <i>Wickerhamomyces anomalus</i> BT1 terhadap spesies khamir lainnya	12
7	Visualisasi gel elektroforesis untuk ampikon gen <i>EH</i> hasil optimasi PCR pertama 35 siklus dengan tiga suhu <i>annealing</i> berbeda	13
8	Visualisasi gel elektroforesis untuk ampikon gen <i>EH</i> hasil optimasi PCR kedua 35 siklus dengan tiga suhu <i>annealing</i> berbeda	13
9	Visualisasi gel elektroforesis untuk ampikon gen <i>EH</i> hasil optimasi PCR pertama 40 siklus dengan dua suhu <i>annealing</i> berbeda	14
10	Visualisasi gel elektroforesis untuk ampikon gen <i>YCF1</i> hasil optimasi PCR pertama 40 siklus dengan tiga suhu <i>annealing</i> berbeda	14
11	Siklus hidup khamir (Knop 2011)	16

DAFTAR LAMPIRAN

1	Visualisasi hasil elektroforesis DNA genom isolat	27
2	Konsentrasi dan kemurnian DNA genom hasil ekstraksi dari <i>S. cerevisiae</i> BY4741	27
3	Penempelan hasil desain primer gen <i>EH</i> pada <i>S. cerevisiae</i>	28
4	Penempelan hasil desain primer gen <i>YCF1</i> pada <i>S. cerevisiae</i>	29
5	Optimasi PCR amplifikasi gen <i>EH</i>	30
6	Optimasi PCR amplifikasi gen <i>YCF1</i>	30