

- 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.

SELEKSI DAN IDENTIFIKASI KHAMIR TOLERAN KADMIUM SERTA DETEKSI GEN TOLERANSINYA

ZAHARA INTAN MAHARANI



**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 “Seleksi dan Identifikasi Khamir Toleran Kadmium serta Deteksi Gen Toleransinya” 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, Juli 2026

Zahara Intan Maharani
G3401221014



@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

ZAHARA INTAN MAHARANI. Seleksi dan Identifikasi Khamir Toleran Kadmium serta Deteksi Gen Toleransinya. Dibimbing oleh RIKA INDRI ASTUTI dan ANJA MERYANDINI.

Aktivitas manusia di bidang industri, seperti peleburan logam, penyulingan, dan pembuatan baterai, menghasilkan limbah kadmium yang bersifat toksik, karsinogen, dan persisten sehingga memerlukan upaya bioremediasi berbasis mikroorganisme. Khamir (*yeast*) adalah organisme eukariotik bersel tunggal yang mampu beradaptasi terhadap kontaminasi logam dan mendetoksifikasi logam tersebut. Penelitian ini bertujuan menyeleksi isolat khamir toleran kadmium dan mengidentifikasi isolat terpilih secara molekuler. Sepuluh isolat khamir diuji pada berbagai konsentrasi CdCl_2 berdasarkan metode *spot assay*. Dua isolat dengan toleransi tertinggi selanjutnya diidentifikasi daerah *Internal Transcribed Spacer* (ITS) dan dianalisis melalui amplifikasi gen *Yeast Cadmium Factor 1* (*YCF1*) menggunakan primer spesifik. Hasil *spot assay* menunjukkan isolat BT5 dan DS3 memiliki toleransi tertinggi dengan viabilitas yang stabil hingga konsentrasi kadmium 1000 μM . Analisis sekuen ITS mengidentifikasi isolat BT5 sebagai *Wickerhamomyces anomalus* (kemiripan 99%) dan isolat DS3 sebagai *Cyberlindnera jadinii* (kemiripan 98%). Amplifikasi gen *YCF1* menghasilkan pita tunggal spesifik berukuran 1555 pb pada kontrol positif *Saccharomyces cerevisiae* BY4741, namun tidak menghasilkan produk amplifikasi pada kedua isolat, meskipun telah dilakukan optimasi PCR. Hasil tersebut menunjukkan bahwa primer berbasis sekuens *S. cerevisiae* belum sesuai untuk mendeteksi gen *YCF1* pada kedua khamir non-konvensional, sehingga diperlukan pendekatan genomik, seperti *Whole Genome Sequencing* (WGS), untuk mengarakterisasi gen toleransi kadmium.

Kata kunci: bioremediasi, kadmium, *Internal Transcribed Spacer* (ITS), *Yeast Cadmium Factor 1* (*YCF1*).



@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.

ABSTRACT

ZAHARA INTAN MAHARANI. Selection and Identification of Cadmium-Tolerant Yeast and Detection of Tolerance Genes. Supervised by RIKA INDRI ASTUTI and ANJA MERYANDINI.

Industrial activities such as metal smelting, refining, and battery manufacturing produce cadmium waste that is toxic, carcinogenic, and persistent, requiring microorganism-based bioremediation. Yeast is a single-celled eukaryotic capable of adapting to metal contamination and detoxifying metals. This study aimed to select cadmium-tolerant yeast isolates and identify them molecularly. Ten yeast isolates were tested at various CdCl_2 concentrations using a spot assay. The two most tolerant isolates were identified by amplification of the Internal Transcribed Spacer (ITS) region, followed by amplification of the Yeast Cadmium Factor 1 (*YCF1*) gene using specific primers. Spot assay results showed that BT5 and DS3 isolates had the highest resistance, maintaining stable viability under cadmium up to 1000 μM . ITS sequence analysis identified strain BT5 as *Wickerhamomyces anomalus* (99% similarity) and DS3 as *Cyberlindnera jadinii* (98% similarity). Amplification of the *YCF1* gene produced a single 1555 bp band in the positive control *Saccharomyces cerevisiae* BY4741, but no amplification product in either isolate. These findings indicate that primers designed based on the *S. cerevisiae* *YCF1* sequence were unsuitable for detecting *YCF1* in these non-conventional yeasts, highlighting the need for genomic approaches, such as Whole Genome Sequencing (WGS), to characterize cadmium tolerance genes.

Keywords: bioremediation, cadmium, Internal Transcribed Spacer (ITS), Yeast Cadmium Factor 1 (*YCF1*).



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.

SELEKSI DAN IDENTIFIKASI KHAMIR TOLERAN KADMIUM SERTA DETEKSI GEN TOLERANSINYA

ZAHARA INTAN MAHARANI

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

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.



Judul Skripsi : Seleksi dan Identifikasi Khamir Toleran Kadmium serta Deteksi Gen Toleransinya

Nama : Zahara Intan Maharani

NIM : G3401221014

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

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

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Biologi:

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

NIP. 196507201991031002

Tanggal Ujian: 20 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Selawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad shallallāhu 'alaihi wa sallam, sosok yang membawa cahaya bagi umat manusia, memuliakan mereka yang dahulu direndahkan, mengangkat derajat perempuan, serta mengajarkan kasih sayang, keadilan, dan kemuliaan akhlak. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Mei 2026 ini ialah bioremediasi, dengan judul “Seleksi dan Identifikasi Khamir Toleran Kadmium serta Deteksi Gen Toleransinya”.

Dengan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada para pembimbing, Dr. Rika Indri Astuti, S.Si., M.Si. dan Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S. atas bimbingan, arahan, masukan, serta dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, DEA. selaku pembimbing akademik, Prof. Dr. Ir. Tatik Chikmawati, M.Si. selaku moderator kolokium, Prof. Dr. Ir. Raden Roro Dyah Perwitasari, M.Sc. selaku moderator seminar hasil, serta Prof. Dr. Drs. Tri Atmowidi, M.Si. selaku penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun bagi penyempurnaan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan tenaga kependidikan Departemen Biologi atas ilmu, bimbingan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Dewi (Laboratorium Penelitian Bioprospeksi Mikrob, Pusat Penelitian Bioteknologi), Ibu Pepi (Laboratorium *Biotechnology Research Indonesia–The Netherlands*/BIORIN) serta Ibu Neng (Laboratorium IPB *Culture Collection*/IPBCC) atas bantuan teknis, pendampingan, dan dukungan selama pengumpulan data.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Tiara Markhairina Artuti atas dukungan, kehadiran, kebersamaan, dan kesediaannya dalam menemani proses penelitian di laboratorium. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan di Laboratorium Penelitian Bioprospeksi Mikrob dan Laboratorium *Biotechnology Research Indonesia–The Netherlands* (BIORIN), serta sahabat-sahabat terdekat, yaitu Aisyah, Farah, Yassirli, Azzahra, Adila, Marsel, Damas, Dewina, Ilham, dan pihak-pihak lain atas kebersamaan, bantuan, dukungan, dan semangat yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Ungkapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Zaenal dan Hapsah, serta saudara terkasih Haikal Zein Ramadhan, yang senantiasa hadir dengan doa, dukungan, semangat, dan kasih sayang yang tiada henti, serta menjadi sumber kekuatan bagi penulis selama menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Bogor, Juli 2026

Zahara Intan Maharani



@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	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
2.3.1 Peremajaan Isolat Khamir dan Pengamatan Mikroskopis	3
2.3.2 Uji Toleransi Khamir Terhadap Kadmium	4
2.3.3 Ekstraksi DNA Genom	4
2.3.4 Identifikasi Molekuler Isolat Khamir Terpilih	4
2.3.5 Amplifikasi Gen <i>Yeast Cadmium Factor I (YCFI)</i>	5
2.4 Analisis Data	6
2.4.1 Penjajaran Sekuen untuk Identifikasi Spesies	6
2.4.2 Konstruksi Pohon Filogeni	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	7
3.1 Peremajaan, Viabilitas, dan Konfirmasi Karakter Isolat Khamir	7
3.2 Uji Toleransi Khamir terhadap Kadmium Berdasarkan <i>Spot Assay</i>	10
3.3 Ekstraksi DNA khamir galur BT5 dan DS3	11
3.4 Amplifikasi gen <i>internal transcribed spacer (ITS)</i> .	12
3.5 Analisis Similaritas dan Kekerabatan Filogenetik	13
3.6 Amplifikasi Gen Target <i>YCFI (Yeast Cadmium Factor I)</i>	15
IV SIMPULAN DAN SARAN	18
4.1 Simpulan	18
4.2 Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	22
RIWAYAT HIDUP	25



DAFTAR TABEL

1	Karakteristik morfologi koloni sepuluh isolat khamir pada medium YPD agar	7
2	Karakteristik morfologi sel sepuluh isolat khamir	8
3	Konsentrasi dan kemurnian DNA BT5, DS3, dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> BY4741	12
4	Hasil analisis similaritas isolat khamir berdasarkan database nukleotida genbank	14

DAFTAR GAMBAR

1	Karakteristik morfologi isolat khamir	8
2	Karakteristik morfologi sel khamir	9
3	Densitas koloni 10 galur khamir setelah pengujian toleransi kadmium menggunakan metode <i>spot susceptibility assay</i>	10
4	Elektroforesis gel amplifikasi daerah ITS menggunakan primer ITS1 dan ITS4	13
5	Pohon filogenetik berdasarkan sekuens daerah ITS isolat khamir DS3 dan BT5 bersama sekuens referensi dari GenBank NCBI	14
6	Elektroforesis gel hasil amplifikasi gen <i>YCF1</i> pada rentang suhu 51–55°C	15
7	Elektroforesis gel hasil amplifikasi gen <i>YCF1</i> pada rentang suhu 46–59°C	16
8	Elektroforesis gel hasil amplifikasi gen <i>YCF1</i> pada rentang suhu 52–56°C	16

DAFTAR LAMPIRAN

1	Elektroforesis gel DNA genom	22
2	Visualisasi penempelan primer spesifik gen <i>YCF1</i> pada sekuens target menggunakan SnapGene.	23
3	Profil PCR dalam mengamplifikasi daerah target ITS dan gen <i>YCF1</i>	24