



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

**IDENTIFIKASI FUNGI PENGINDUKSI PRESIPITASI CaCO_3
DARI KAWASAN IPSC BOGOR SEBAGAI UPAYA UNTUK
BIOPROTEKSI BETON GUNA MENUNJANG KETAHANAN
KONSTRUKSI BANGUNAN MILITER**

ARIN SUCIA ADININGSIH 320200301006

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI BIOLOGI**

BOGOR 2024

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Arin Sucia Adiningsih
NIM : 320200301006
Program Studi : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Identifikasi Fungi Penginduksi Presipitasi CaCO_3 dari Kawasan IPSC Bogor Sebagai Upaya untuk Bioproteksi Beton Guna Menunjang Ketahanan Konstruksi Bangunan Militer

Dosen Pembimbing I,



Nadya Farah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 198111062023212020
Tanggal: 18 Juli 2024

Dosen Pembimbing II,



Muhammad Ilyas, S.Si., M.Si
Penata Tk I IId NIP.197809282005021001
Tanggal: 17 Juli 2024

Mengetahui,

Kepala Program Studi Biologi



Nurhadiyanta, S.Si., M.Si
Kolonel Ckm NRP. 32987
Tanggal: Juli 2024

Dekan FMIPA Militer



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal: Juli 2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Arin Sucia Adiningsih
NIM : 320200301006
Program Studi : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Identifikasi Fungi Penginduksi Presipitasi CaCO_3 dari Kawasan IPSC Bogor Sebagai Upaya untuk Bioproteksi Beton Guna Menunjang Ketahanan Konstruksi Bangunan Militer

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I: Nadya Farah, S.Si., M.Si., Ph.D. NIP. 198111062023212020		18/07/24
2.	Dosen Pembimbing II: Muhammad Ilyas, S.Si., M.Si Penata Tk I III/d NIP. 197809282005021001		17 07 2024
3.	Dosen Penguji I: Nabila Swarna Puspa Hermana, S.Si., M.Si. Penda Tk. I III/b NIP. 199404272022032003		18/07/24
4.	Dosen Penguji II: Dr. Nastiti Intan Permata Sari, S.Si, M.Ked Trop Penata III/c NIP. 199306202024032001		23/7/24

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arin Sucia Adiningsih
NIM : 320200301006
Program Studi : Sarjana Biologi
Fakultas : FMIPA Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Identifikasi Fungi Penginduksi Presipitasi CaCO_3 dari Kawasan IPSC Bogor Sebagai Upaya untuk Bioproteksi Beton Guna Menunjang Ketahanan Konstruksi Bangunan Militer

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada tanggal : 18 Juli 2024
Yang menyatakan


Arin Sucia Adiningsih
NIM. 320200301006

PERNYATAAN ORISIONALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 18 Juli 2024



Arin Sucia Admingsih

KATA PENGANTAR

Puji Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: “Identifikasi Fungi Penginduksi Presipitasi CaCO_3 dari Kawasan IPSC Bogor Sebagai Upaya untuk Bioproteksi Beton Guna Menunjang Ketahanan Konstruksi Bangunan Militer” dapat diselesaikan.

Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan RI.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini Kader Mahasiswa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Jenderal TNI (HOR) (Purn) Prabowo Subianto selaku Menteri Pertahanan RI periode 2019-2024 yang telah menggagas terbentuknya program Sarjana (S1) Universitas Pertahanan RI;
2. Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena., M.Si selaku Dekan Fakultas MIPA Militer Universitas Pertahanan RI;
3. Kolonel CKM Nurhadiyanta S.Si., M.Si. selaku Kepala Program Studi Biologi Fakultas MIPA Militer Universitas Pertahanan RI;
4. Dr. Nadya Farah S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran, dan dukungan selama menyelesaikan skripsi;
5. Muhammad Ilyas, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran, dan dukungan selama menyelesaikan skripsi;
6. Dewan Penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun;
7. Seluruh dosen dan staf Program Studi Biologi Fakultas MIPA Militer Universitas Pertahanan RI yang telah memberikan seluruh ilmunya dan membantu peneliti hingga pada akhir skripsi;

8. Ibu Lilis Triyaningsih dan Bapak Djumari selaku orang tua tercinta, Ibu Sucati selaku nenek tercinta, Asa Seika Permata Ramadhani selaku adik tercinta, dan juga mas Karans Zimiawan, serta seluruh Saudara yang telah memberikan doa, motivasi, dukungan, dan semangat selama saya menempuh pendidikan di Universitas Pertahanan RI hingga menyelesaikan skripsi ini;
9. Sersan Mayor Satu Kadet Hammanda Aura Dewi dan Sadina Tahara Jusivani yang dengan sabar sudah mengajari saya cara membuat pohon filogenetik;
10. Sahabat dan rekan-rekan seperjuangan Program Studi Biologi Cohort I yang sudah kebersamaan dan berjuang selama ini hingga akhir perkuliahan ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi *stakeholders* terkait dalam upaya ketahanan konstruksi bangunan militer.

Bogor, Juli 2024

Arin Sucia Adiningsih

ABSTRAK

IDENTIFIKASI FUNGI PENGINDUKSI PRESIPITASI CaCO_3 DARI KAWASAN IPSC BOGOR SEBAGAI UPAYA UNTUK BIOPROTEKSI BETON GUNA MENUNJANG KETAHANAN KONSTRUKSI BANGUNAN MILITER

Ketahanan konstruksi bangunan militer merupakan aspek penting dalam pemeliharaan keamanan nasional suatu negara. Salah satu tantangan utama yang dihadapi sektor infrastruktur termasuk dalam bidang militer ialah keretakan pada beton. Mahalnya biaya perawatan bangunan dan dampak lingkungan yang buruk akibat aktivitas produksi semen beton telah mendorong penelitian terkait alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan hayati fungi pada sampel beton dari Kawasan IPSC Bogor dan memperoleh isolat fungi yang mampu menginduksi presipitasi kalsit dan berpotensi menjadi agen perbaikan beton. Isolasi fungi dilakukan berdasarkan metode pengenceran sampel pada media DRBCA. Skrining uji urease dilakukan pada media *Urea Agar Base*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan fungi berkisar antara $0,01 \times 10^5$ * hingga $2,19 \times 10^5$ CFU/ml. Hasil analisis regresi 5% menunjukkan tidak adanya korelasi antara kelimpahan fungi dengan mutu kelas beton. Dua belas isolat dengan aktivitas urease kuat telah terpilih menjadi agen potensial perbaikan beton dari 39 isolat yang berhasil diisolasi. Isolat-isolat tersebut diidentifikasi secara morfologi dan molekuler menggunakan primer ITS5-ITS4 sebagai: *Trichoderma* sp. (Isolat I-2 dan VI-10), *Trichoderma harzianum* (Isolat IV-1), *Remotididymella* sp. (Isolat I-3), *Penicillium citrinum* (Isolat III-1), *Aspergillus fumigatus* (Isolat VI-5), *Aspergillus* sp. (Isolat VI-14), *Cladosporium* sp. (Isolat V-2), *Rousoella padinae* (Isolat V-4), *Thyridariaceae* sp. (Isolat VI-6A), *Diaporthe passifloricola* (Isolat V-5), dan *Lasiodiplodia* sp. (Isolat VI-2). Sebelumnya belum ada laporan terkait isolasi atau peran fungi dari genus *Rousoella*, *Diaporthe*, *Lasiodiplodia*, dan famili *Thyridariaceae* dari sampel beton yang dideskripsikan memiliki kemampuan menginduksi presipitasi kalsit. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji 12 isolat terpilih dalam meningkatkan kuat tekan beton.

Kata kunci: fungi, ITS (*Internal Transcribed Spacer*), kelimpahan, perbaikan beton, presipitasi kalsit

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF FUNGI-INDUCED CaCO_3 PRECIPITATION FROM KAWASAN IPSC BOGOR AS AN EFFORT FOR CONCRETE BIOPROTECTION TO SUPPORT THE DURABILITY OF MILITARY BUILDING CONSTRUCTION

The durability of military building construction is an important aspect in maintaining a country's national security. One of the main challenge in the infrastructure sector, including in the military sector, is cracks in concrete. The high cost of building maintenance and the negative environmental impacts resulting from cement concrete production activities have encouraged research into more environmentally friendly alternatives. This research aims to determine the biological abundance of fungi in concrete samples from Kawasan IPSC Bogor and obtain fungal isolates that are capable of inducing calcite precipitation and have the potential to be concrete self-healing agents. Fungal isolation was carried out based on the sample dilution method on DRBCA media. A urease screening test was carried out on Urea Agar Base media. The results showed that the abundance of fungi ranged from $0,01 \times 10^5$ to $2,19 \times 10^5$ CFU/ml. The results of the 5% regression analysis showed that there was no correlation between fungi abundance and concrete class quality. Twelve isolates with strong urease activity were selected as potential agents for concrete repair from 39 isolates that were isolated. These isolates were identified morphologically and molecularly using primers ITS5-ITS4 as: *Trichoderma* sp. (Isolate I-2 dan VI-10), *Trichoderma harzianum* (Isolate IV-1), *Remotididymella* sp. (Isolate I-3), *Penicillium citrinum* (Isolate III-1), *Aspergillus fumigatus* (Isolate V-5), *Aspergillus* sp. (Isolate VI-14), *Cladosporium* sp. (Isolate V-2), *Rousoella padinae* (Isolate V-4), Thyridariaceae sp. (Isolate VI-6A), *Diaporthe passifloricola* (Isolate V-5), dan *Lasiodiplodia* sp. (Isolate VI-2). Previously, there had been no reports regarding the isolation or role of fungi from the genera *Rousoella*, *Diaporthe*, *Lasiodiplodia*, and the Thyridariaceae family from concrete samples which were described as having the ability to induce calcite precipitation. Further research needs to be carried out to test the 12 selected isolates in increasing the compressive strength of concrete.

Keywords: fungi, ITS (Internal Transcribed Spacer), abundance, concrete repair, calcite precipitation

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISIONALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	16
2.3 Kerangka Berpikir	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Metode dan Desain Penelitian	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3 Alat dan Bahan	26
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.5 Metode Analisis	33
3.6 Alur Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40

4.1 Pengambilan Sampel Beton	40
4.2 Kelimpahan Fungi Sampel Beton	42
4.3 Keragaman Fungi Sampel Beton.....	45
4.4 Penapisan/Skrining Uji Urease Terhadap Isolat Sampel Beton	47
4.5 Identifikasi Secara Morfologi	50
4.6 Identifikasi Secara Molekuler Berdasarkan Wilayah rDNA ITS	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	79
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN 1.....	98
LAMPIRAN 2.....	101
LAMPIRAN 3.....	103
LAMPIRAN 4.....	107
LAMPIRAN 5.....	110
LAMPIRAN 6.....	115
LAMPIRAN 7.....	116



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Pengendapan CaCO_3 oleh Fungi	6
Gambar 2.2 Skema Fungi sebagai Agen <i>Self-Healing</i> pada Retakan Beton	8
Gambar 2.3 Contoh Konstruksi Beton Tempat <i>Sampling</i> Fungi.....	10
Gambar 2.4 Posisi primer untuk amplifikasi daerah ITS rDNA	13
Gambar 2.5 Diagram Alir Kerangka Berpikir	24
Gambar 3.1 Gen target yang teramplifikasi berdasarkan pasangan primer ITS5-ITS4	32
Gambar 3.2 Alur penelitian	39
Gambar 4.1 Hasil Isolasi Sampel Beton IV dalam Berbagai Pengenceran.	43
Gambar 4.2 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat I-2, IV-1, dan VI-10	51
Gambar 4.3 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat III-1	52
Gambar 4.4 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat V-2.....	53
Gambar 4.5 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat V-5	54
Gambar 4.6 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat VI-2	55
Gambar 4.7 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat VI-5.....	56
Gambar 4.8 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat VI-14	57
Gambar 4.9 Makroskopis dan Mikroskopis dari Isolat I-3, IV-4, dan VI-6A.. ..	58
Gambar 4.10 Visualisasi Hasil Amplifikasi PCR dari Isolat I-2, I-3, III-1, IV-1, V-2, V-4, V-5, VI-2, VI-5, VI-6A, VI-10, dan VI-14 menggunakan Primer ITS5 dan ITS4	62
Gambar 4.11 Pohon Filogenetik dari Isolat I-2, IV-1, dan VI-10 yang termasuk ke dalam Taksa Famili Hypocreaceae.	65
Gambar 4.12 Pohon Filogenetik dari Isolat I-3 yang termasuk ke dalam Taksa Famili Didymellaceae.....	68

Gambar 4.13 Pohon Filogenetik dari Isolat III-1, VI-5, dan VI-14 yang termasuk ke dalam Taksa Famili Aspergillaceae.	69
Gambar 4.14 Pohon Filogenetik dari Isolat V-2 yang termasuk ke dalam Taksa Famili Cladosporiaceae.	72
Gambar 4.15 Pohon Filogenetik dari Isolat V-4 dan VI-6A yang termasuk ke dalam Taksa Famili Thyridariaceae.	73
Gambar 4.16 Pohon Filogenetik dari Isolat V-5 yang termasuk ke dalam Taksa Famili Diaporthaceae.	75
Gambar 4.17 Pohon Filogenetik dari Isolat VI-2 yang termasuk ke dalam Taksa Famili Botryosphaeriaceae.	77



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Beton Berdasarkan Mutu Kelas	10
Tabel 2.2 Hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan FICP	16
Tabel 2.3 Daftar Spesies Fungi yang Berperan dalam Presipitasi Kalsit ..	22
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Penelitian	25
Tabel 3.2 Komposisi PCR <i>Mixture/Cocktail</i>	32
Tabel 4.1 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel Beton di Sekitar Kawasan IPSC Bogor	40
Tabel 4.2 Rerata Kelimpahan Koloni Fungi pada Tiap Sampel Beton	44
Tabel 4.3 Keragaman Mikoflora Fungi pada Sampel Beton	46
Tabel 4.4 Hasil Penapisan/Skrining Uji Urease	48
Tabel 4.5 Konsentrasi DNA Fungi	60



DAFTAR SINGKATAN



MICP	: <i>Microbially-Induced Calcium Carbonate Precipitation</i>
FICP	: <i>Fungi-Induced Calcite Precipitation</i>
CO ₂	: Karbon dioksida
CaCO ₃	: Kalsium Karbonat
PbCO ₃	: Timbal (III) Karbonat
SrCO ₃	: Stronsium Karbonat
H ₂ O	: Hidron Hidroksida
Ca ²⁺	: Ion Kalsium
Cl ⁻	: Ion Klorida
CO ₃ ²⁻	: Ion Karbonat
PDA	: <i>Potato Dextrose Agar</i>
PDB	: <i>Potato Dextrose Broth</i>
DRBCA	: <i>Dichloran Rose-Bengal Chloramfenicol Agar</i>
ITS	: <i>Internal Transcribed Spacer</i>
DMSO	: <i>Dimethyl-sulfoxide</i>
NFW	: <i>Nuclease Free Water</i>
LAF	: <i>Laminar Air Flow</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
PCR	: <i>Polymerase Chain Reaction</i>
InaCC	: <i>Indonesian Culture Collection</i>
IPSC	: <i>Indonesia Peace and Security Center</i>
PMPP	: Pusat Misi Pemeliharaan Perdamaian
Unhan	: Universitas Pertahanan
bp	: <i>Base Pairs</i>
MPa	: <i>Megapascal</i>
DNA	: <i>Deoxyribonucleic Acid</i>
rDNA	: <i>Ribosomal Deoxyribonucleic Acid</i>
TAE	: <i>Tris Base, Acetic Acid, and EDTA</i>

NCBI : *National Center for Biotechnology Information*
LPCB : *Lactophenol Cotton Blue*
BLAST : *Basic Local Alignment Search Tool*
TPC : *Total Plate Count*
CFU : *Colony Forming Unit*

