

FORMULASI ENDOSPORA *Bacillus pseudomycolides* RAY21 SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI DALAM BIO-OSD PADA PROSES PEMULIHAN TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

ETIN CAHYANI



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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.

Perpustakaan IPB University



FORMULASI ENDOSPORA *Bacillus pseudomycolides* RAY21 SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI DALAM BIO-OSD PADA PROSES PEMULIHAN TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

ETIN CAHYANI



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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.



PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PEMINDAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Formulasi Endospora *Bacillus pseudomycooides* RAY21 sebagai Agen Bioremediasi dalam *Bio-Oil Spill Dispersant* pada Proses Pemulihan Tanah Tercemar Minyak Bumi” 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



Etin Cahyani
F3401221042

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



ABSTRAK

ETIN CAHYANI. Formulasi Endospora *Bacillus pseudomycoides* RAY21 sebagai Agen Bioremediasi dalam *Bio-Oil Spill Dispersant* pada Proses Pemulihan Tanah Tercemar Minyak Bumi. Dibimbing oleh PROF. DR. IR. ANAS MIFTAH FAUZI, M.ENG.

Pencemaran tanah akibat tumpahan minyak bumi merupakan permasalahan lingkungan yang memerlukan teknologi remediasi yang efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan memformulasikan endospora *Bacillus pseudomycoides* RAY21 ke dalam Bio-Oil Spill Dispersant (Bio-OSD), mengevaluasi efektivitasnya dalam menurunkan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), mengkaji viabilitas endospora selama proses bioremediasi, serta mengevaluasi kondisi lingkungan yang memengaruhi kinerja remediasi. Penelitian meliputi produksi endospora, formulasi ke dalam Bio-OSD, simulasi tanah tercemar minyak bumi dengan tingkat cemaran 0,5% dan 2% (b/b), serta aplikasi Bio-OSD pada media yang diperkaya tandan kosong kelapa sawit sebagai *bulking agent* dan pupuk kandang sebagai sumber nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bio-OSD terformulasi endospora mampu meningkatkan efektivitas bioremediasi dibandingkan kontrol, dengan efisiensi penurunan TPH mencapai 95,6% pada tanah tercemar 0,5% dan 81,25% pada tanah tercemar 2%. Viabilitas *B. pseudomycoides* RAY21 tetap terjaga pada kisaran 10^7 CFU/g tanah selama proses remediasi, didukung oleh kondisi suhu 28–30°C, pH 6,5–7,0, dan kadar air di atas 20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi endospora *B. pseudomycoides* RAY21 dalam Bio-OSD berpotensi menjadi teknologi bioremediasi yang efektif untuk pemulihan tanah tercemar minyak bumi.

Kata kunci: *Bacillus pseudomycoides* RAY21, Bio-Oil Spill Dispersant, bioremediasi, endospora, *Total Petroleum Hydrocarbon*.

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



ABSTRACT

ETIN CAHYANI. Formulation of *Bacillus pseudomycoides* RAY21 Endospores as a Bioremediation Agent in Bio-Oil Spill Dispersant for the Remediation of Petroleum-Contaminated Soil. Supervised by ANAS MIFTAH FAUZI.

Petroleum-contaminated soil is a major environmental issue that requires effective, environmentally friendly, and sustainable remediation technologies. This study aimed to formulate *Bacillus pseudomycoides* RAY21 endospores into a Bio-Oil Spill Dispersant (Bio-OSD), evaluate its effectiveness in reducing *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) concentrations, assess endospore viability during the bioremediation process, and evaluate environmental conditions affecting remediation performance. The study involved endospore production, formulation into Bio-OSD, laboratory simulation of petroleum-contaminated soil with contamination levels of 0.5% and 2% (w/w), and application of the formulated Bio-OSD to soil amended with oil palm empty fruit bunches as a bulking agent and cattle manure as a nutrient source. The results showed that the formulated Bio-OSD enhanced bioremediation performance compared with the control, achieving TPH removal efficiencies of 95.6% in soil contaminated with 0.5% petroleum and 81.25% in soil contaminated with 2% petroleum. The viability of *B. pseudomycoides* RAY21 remained stable at approximately 10^7 CFU/g of soil throughout the remediation process under environmental conditions of 28–30°C, pH 6.5–7.0, and moisture content above 20%. These findings indicate that Bio-OSD formulated with *B. pseudomycoides* RAY21 endospores has strong potential as an effective bioremediation technology for the restoration of petroleum-contaminated soils.

Keywords: *Bacillus pseudomycoides* RAY21, Bio-Oil Spill Dispersant, bioremediation, endospores, *Total Petroleum Hydrocarbon*.



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 20XX¹
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.

FORMULASI ENDOSPORA *Bacillus pseudomyoides* RAY21 SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI DALAM BIO-OSD PADA PROSES PEMULIHAN TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

ETIN CAHYANI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti
- 2 Prof. Dr. Ono Suparno, S.T.P., M.T.



@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 : Formulasi Endospora *Bacillus pseudomycoides* RAY21 sebagai Agen Bioremediasi dalam *Bio-Oil Spill Dispersant* pada Proses Pemulihan Tanah Tercemar Minyak Bumi

Nama : Etin Cahyani
NIM : F3401221042

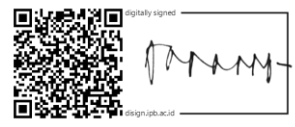
Disetujui oleh

Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ono Suparno, S.Tp., M.T.
NIP. 197212031997021001



Tanggal Ujian:
13 Juli 2026

Tanggal Lulus:



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 Februari 2026 sampai bulan Juni 2026 ini ialah bioremediasi tanah tercemar minyak bumi, dengan judul “Formulasi *Endospora Bacillus pseudomycoides* RAY21 sebagai Agen Bioremediasi dalam *Bio-Oil Spill Dispersant* pada Proses Pemulihan Tanah Tercemar Minyak Bumi”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng., Prof. Dr. Ono Suparno, S.Tp., M.T., dan Prof. Dr. Ir. Moh Yani, M.Eng. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada RTI Pertamina, beserta staf Laboratorium Bioindustri, Laboratorium DIT Departemen Teknologi Industri Pertanian, dan Greenhouse Biotechnology IPB University yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini.

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

Bogor, Juli 2026



Etin Cahyani

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN.	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pencemaran Minyak Bumi	5
2.2 Bioremediasi	5
2.3 Bulking Agent	5
2.4 <i>Bio Oil Spill Dispersant</i>	6
2.5 Endospora <i>Bacillus pseudomycoides</i> RAY21	7
2.6 Pupuk Kandang	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	10
3.4 Analisis Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Produksi Endospora <i>B.pseudomycoides</i> RAY21	18
4.2 Formulasi Endospora ke dalam Bio-OSD	15
4.3 Simulasi Tanah Tercemar Minyak Bumi	15
4.4 Aplikasi Perlakuan	16
4.5 Pengamatan Parameter Uji	18
V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.	34
RIWAYAT HIDUP	46



DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alur proses	10
2	Hasil pewarnaan pellet endospore <i>Bacillus pseudomycoides</i> RAY21 pada perbesaran 40x	15
3	Grafik penurunan TPH pada TTM 0,5%	18
4	Grafik penurunan TPH pada TTM 2%	20
5	Grafik hasil uji kadar air pada TTM 0,5%	22
6	Grafik hasil uji kadar air pada TTM 2%	22
7	Hasil uji viabilitas endospore pada TTM kontrol (log CFU/g)	24
8	Hasil uji viabilitas endospore pada TTM perlakuan (log CFU/g)	24
9	Grafik suhu TTM selama proses	27
10	Grafik pH TTM	28
11	Desain solusi akhir	29

DAFTAR LAMPIRAN

1	Neraca massa produksi endospore <i>Bacillus pseudomycoides</i> RAY21	35
2	Produksi dan Formulasi Endospore <i>Bacillus pseudomycoides</i> RAY21 ke dalam Bio-OSD	36
3	Rancangan POB aplikasi Bio-OSD terformulasio endospore <i>B. pseudomycoides</i> RAY21 pada tanah tercemar minyak bumi	39
4	Komposisi sampel perlakuan	45