

DESAIN BIOAUGMENTASI MENGGUNAKAN BIO-OSD DAN SEL VEGETATIF *Bacillus pseudomycoides* RAY21 PADA BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

AFIQAH SHABRINA SALSABILA



**PROGRAM STUDI SARJANA 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.



PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Desain Bioaugmentasi Menggunakan Bio-OSD dan Sel Vegetatif *Bacillus pseudomycooides* RAY21 pada Bioremediasi 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

Afiqah Shabrina Salsabila
F3401221103



ABSTRAK

AFIQAH SHABRINA SALSABILA. Desain Bioaugmentasi Menggunakan Bio-OSD dan Sel Vegetatif *Bacillus pseudomycoides* RAY21 pada Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi. Dibimbing oleh MOHAMAD YANI dan ANAS MIFTAH FAUZI.

Pencemaran tanah oleh minyak bumi memerlukan teknologi remediasi yang efektif dan ramah lingkungan. Proyek desain ini bertujuan menghasilkan desain bioaugmentasi berbasis *Bio-Oil Spill Dispersant* (Bio-OSD) dan sel vegetatif *Bacillus pseudomycoides* RAY21 untuk bioremediasi tanah tercemar minyak bumi. Simulasi dilakukan pada tanah dengan kadar awal *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) sebesar 2% dan 0,5%. Parameter yang diamati meliputi TPH, viabilitas bakteri, kadar air, pH, dan suhu. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi Bio-OSD dan sel vegetatif mampu menurunkan kadar TPH pada kedua tingkat pencemaran. Penurunan viabilitas bakteri pada akhir inkubasi menjadi dasar penyempurnaan desain melalui augmentasi ulang (*re-augmentation*) menggunakan sel vegetatif. Desain bioaugmentasi yang dikembangkan memberikan kinerja terbaik pada tanah dengan TPH awal 0,5% dengan kadar TPH akhir sebesar 0,12%, sedangkan pada tanah dengan TPH awal 2% masih diperlukan optimasi desain untuk meningkatkan efisiensi biodegradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain bioaugmentasi dengan augmentasi bertahap (*staged bioaugmentation*) berpotensi meningkatkan efektivitas bioremediasi melalui pemeliharaan populasi mikroorganisme selama proses remediasi.

Kata kunci: *Bacillus pseudomycoides* RAY21, *Bio-Oil Spill Dispersant*, bioaugmentasi, bioremediasi,

ABSTRACT

AFIQAH SHABRINA SALSABILA. Bioaugmentation Design Using Bio-Oil Spill Dispersant (Bio-OSD) and Vegetative Cells of *Bacillus pseudomycoides* RAY21 for Petroleum-Contaminated Soil Bioremediation. Supervised by MOHAMAD YANI and ANAS MIFTAH FAUZI.

Petroleum-contaminated soil requires effective and environmentally friendly remediation technologies. This design project aimed to develop a bioaugmentation design based on *Bio-Oil Spill Dispersant* (Bio-OSD) and vegetative cells of *Bacillus pseudomycoides* RAY21 for the bioremediation of petroleum-contaminated soil. Laboratory simulations were conducted using soils with initial *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) concentrations of 2% and 0.5%. The evaluated parameters included TPH, bacterial viability, moisture content, pH, and temperature. The results showed that the combined application of Bio-OSD and vegetative cells reduced TPH at both contamination levels. The decline in bacterial viability at the end of incubation led to refinement of the proposed design through vegetative-cell re-augmentation. The proposed bioaugmentation design achieved the best performance in soil with an initial TPH concentration of 0.5%, resulting in a final TPH concentration of 0.12%, whereas soil with an initial TPH concentration of 2% still requires further design optimization to improve biodegradation efficiency. These findings demonstrate that a staged bioaugmentation design has the potential to enhance bioremediation performance by maintaining the viability of active microbial populations throughout the remediation process.

Keywords: *bioaugmentation, Bio-Oil Spill Dispersant, Bacillus pseudomycoides* RAY21, *bioremediation*



@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 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, 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.

DESAIN BIOAUGMENTASI MENGGUNAKAN BIO-OSD DAN SEL VEGETATIF *Bacillus pseudomycoides* RAY21 PADA BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI

AFIQAH SHABRINA SALSABILA

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

**PROGRAM STUDI SARJANA 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



Judul Skripsi : Desain Bioaugmentasi Menggunakan Bio-OSD dan Sel Vegetatif
Bacillus pseudomycoides RAY21 pada Bioremediasi Tanah
Tercemar Minyak Bumi

Nama : Afiqah Shabrina Salsabila
NIM : F3401221103

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M.Eng.

Pembimbing 2:

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. Penelitian yang dilaksanakan pada Februari hingga Juni 2026 ini mengangkat tema bioremediasi dengan judul “Desain Bioaugmentasi Menggunakan Bio-OSD dan Sel Vegetatif *Bacillus pseudomycoides* RAY21 pada Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi”. Penelitian ini merupakan bagian dari Proyek Desain Utama Agroindustri yang bertujuan mengembangkan strategi bioaugmentasi berbasis *Bio-Oil Spill Dispersant* (Bio-OSD) dan *Bacillus pseudomycoides* RAY21 sebagai alternatif teknologi untuk meningkatkan efektivitas bioremediasi tanah tercemar minyak bumi. Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis; Umi dan Abi, yang senantiasa menyayangi, memotivasi penulis, juga Adik dan seluruh keluarga atas segala doa serta dukungan yang diberikan kepada penulis
2. Prof. Dr. Ir. Mohamad Yani, M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik dan Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng. selaku dosen pembimbing PIC proyek yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama pelaksanaan proyek ini
3. PT Pertamina, khususnya Dr. Dwi Febriantini selaku perwakilan dari Technology Innovation (TI) Pertamina, SBRC IPB, Biotech Center IPB, dan Kedaireka yang telah memfasilitasi proyek ini
4. Seluruh Dosen, Tenaga Pendidik, Teknisi, dan Laboran TIN, serta Tenaga Pendidik *Green House* Biotech IPB yang telah mengajarkan banyak hal kepada penulis dan memfasilitasi penulis hingga menyelesaikan program sarjana di IPB University
5. Rekan-rekan satu proyek maupun bimbingan Bio-OSD 2026 atas pembelajaran dan kebersamaan selama menyelesaikan peyek
6. Rekan-rekan TINITI 59 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis atas dukungan, semangat, kerja sama, dan kebersamaan selama menempuh pendidikan di IPB University.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu atas segala bentuk bantuan, dukungan, doa, dan kontribusi yang telah diberikan selama proses penyelesaian studi maupun penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Afiqah Shabrina Salsabila



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pencemaran oleh Minyak Bumi	4
2.2 Bioaugmentasi	5
2.3 <i>Bio-Oil Spill Diespersant</i>	5
2.4 <i>Bacillus pseudomycooides</i> RAY21	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Tahapan Desain Keteknikan	8
3.3 Alat dan Bahan	10
3.4 Prosedur Kerja	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Hasil Eksplorasi dan Pendefinisian Masalah	16
4.3 Hasil Uji Parameter	18
4.2 Pengembangan Desain Iterasi Dua	25
4.3 Evaluasi Desain Strategi Bioaugmentasi	25
4.4 Penyusunan Prosedur Operasional Baku (POB)	26
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	31
RIWAYAT HIDUP	40



DAFTAR TABEL

1	Karakteristik morfologi dan fisiologi <i>Bacillus pseudomycooides</i> RAY21	6
2	Variasi perlakuan	13
3	Parameter uji dan metode analisis yang digunakan	13
4	Hasil eksplorasi masalah	16
5	Hasil pengamatan uji suhu dan pH tanah	23
6	Perlakuan intervensi pada iterasi 2	25

DAFTAR GAMBAR

1	Pembagian fraksi dalam <i>petroleum hydrocarbon</i>	4
2	Tahapan desain keteknikan	8
3	Prosedur kerja iterasi 1	11
4	Prosedur kerja iterasi 2	15
5	Desain percobaan aplikasi bio-OSD dengan sel vegetatif	18
6	Penurunan TPH pada TTM 2% iterasi satu dan dua. (■) Tanah perlakuan V1 (♦) Tanah kontrol C1	19
7	Penurunan TPH pada TTM 0,5% iterasi satu dan dua (■) Tanah perlakuan V2 (♦) Tanah kontrol C2	20
8	Viabilitas sel vegetatif pada (■) Tanah perlakuan V1 (♦) Tanah Kontrol C1 (●) Tanah perlakuan V2 (▲) Tanah Kontrol C2	21
9	Kadar air iterasi satu dan dua (■) Tanah perlakuan V1 (▲) Tanah perlakuan V2 (●) Tanah C1 (♦) Tanah C2	24

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Perhitungan kebutuhan desain prototipe	32
2	Lampiran 2 Rancangan Prosedur Operasional Baku (POB)	33