



PERBANDINGAN KINERJA PRODUK *OIL SPILL DISPERSANT* BERBAHAN SURFAKTAN SAWIT DENGAN *PETROLEUM* UNTUK PENANGANAN PENCEMARAN HIDROKARBON DI LAUT

NABILAH SHAF A MARDIANIS



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Perbandingan Kinerja Produk *Oil Spill Dispersant* Berbahan Surfaktan Sawit dengan *Petroleum* untuk Penanganan Pencemaran Hidrokarbon di Laut” 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 tesis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Nabilah Shafa Mardianis
F3501231024

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



RINGKASAN

NABILAH SHAFA MARDIANIS. Perbandingan Kinerja Produk *Oil Spill Dispersant* Berbahan Surfaktan Sawit dengan *Petroleum* untuk Penanganan Pencemaran Hidrokarbon di Laut. Dibimbing oleh MOHAMAD YANI dan ERLIZA HAMBALI.

Pencemaran laut dapat diartikan sebagai adanya kotoran ataupun limbah yang masuk ke daerah laut dan mencemari lingkungan ekosistem laut. Secara umum, sumber pencemaran laut oleh tumpahan minyak bersumber dari aktivitas transportasi minyak, pengeboran minyak lepas pantai, pengilangan minyak dan pemakaian bahan bakar produk *petroleum*. Laut yang tercemar minyak dapat mengancam kehidupan organisme akuatik pantai, rusaknya wisata pantai dan dapat menghambat transmisi cahaya matahari. *Crude oil* atau minyak mentah adalah campuran senyawa kompleks dari berbagai hidrokarbon yang dapat memberikan efek toksik terhadap sedimen dan memiliki potensi sitotoksitas pada ikan.

Dispersan adalah opsi penting untuk menangani tumpahan minyak di perairan laut. *Oil Spill Dispersant* (OSD) merupakan campuran dari surfaktan (zat aktif permukaan) dengan pelarut yang berfungsi untuk menguraikan limbah minyak menjadi butiran kecil, sehingga dapat terdispersi secara alami di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas dispersi minyak untuk penanganan pencemaran tumpahan minyak pada air laut dan mengevaluasi kinerja OSD berbahan surfaktan sawit dengan *petroleum* pada pencemaran hidrokarbon.

Penelitian ini diawali dengan uji karakteristik fisiko-kimia pada OSD Komersial X, OSD Komersial Y dan Bio-OSD Z yang meliputi parameter pH, densitas, viskositas, dan tegangan permukaan. Pengujian efektivitas dispersan dilakukan menggunakan metode *Swirling Flask Test* (SFT) dan uji kinerja dilakukan pada rasio pengenceran 1:10, 1:20, 1:30 dan 1:40 dengan DOR (*Dispersant to Oil Ratio*) 0,5:1. Parameter uji kinerja mencakup analisis luas permukaan minyak, komponen hidrokarbon, TSS, COD, pH, viskositas dan densitas. Analisis data meliputi analisis statistik *two-way ANOVA* dan metode *Composite Performance Index* (CPI) untuk menentukan peringkat OSD paling optimal dalam menangani tumpahan minyak.

Hasil dispersi minyak dalam air laut pada uji efektivitas dispersi menunjukkan persentase efektivitas dispersan Bio-OSD paling tinggi yaitu sebesar 66,88% dibandingkan dengan OSD Komersial yang mengindikasikan sebesar 66,88% Bio-OSD Z berhasil mendispersi minyak dalam penanganan pencemaran tumpahan minyak pada air laut. Penentuan hasil uji kinerja pada parameter uji komponen hidrokarbon menunjukkan Bio-OSD Z dapat menguraikan rantai karbon panjang dengan baik sehingga memudahkan proses dispersi dan biodegradasi oleh mikroba. Penentuan hasil uji kinerja pada enam parameter lainnya (luas permukaan minyak, TSS, COD, pH, viskositas, dan densitas) secara keseluruhan dilakukan dengan metode CPI, sehingga diperoleh Bio-OSD Z 1:20 dengan skor CPI 108,415 merupakan produk OSD yang paling optimal untuk diaplikasikan dalam penanganan pencemaran hidrokarbon pada air laut.

Kata kunci: analisis kinerja, *oil spill dispersant*, surfaktan sawit, tumpahan minyak

SUMMARY

NABILAH SHAFI MARDIANIS. Comparison of Performance of Palm-based and Petroleum-based Oil Spill Dispersant Products for Hydrocarbon Contamination Treatment at Sea. Supervised by MOHAMAD YANI and ERLIZA HAMBALI.

Marine pollution refers to the introduction of contaminants or waste into marine environments, disrupting marine ecosystems. In general, marine oil pollution originates from activities such as oil transportation, offshore oil drilling, oil refining, and the use of petroleum products as fuels. Oil spills in marine environments threaten aquatic organisms, damage coastal tourism, and obstruct sunlight transmission. Crude oil is a complex mixture of hydrocarbons that exhibits toxic effects on sediments and potential cytotoxicity to fish.

Dispersants are a critical option for addressing oil spills in marine waters. Oil Spill Dispersant (OSD) are a mixture of surfactants (surface-active agents) and solvents designed to break down oil into smaller droplets, allowing natural dispersion in the water. This study aims to analyze the effectiveness of oil dispersion for addressing marine oil pollution and evaluate the performance of palm-based surfactant OSD compared to petroleum-based OSD in hydrocarbon contamination.

The study began with a physico-chemical characterization of OSD, including OSD Commercial X, OSD Commercial Y, and Bio-OSD Z. Parameters analyzed included pH, density, viscosity, and surface tension. Dispersant effectiveness was tested using the Swirling Flask Test (SFT) method. Performance testing was conducted at dilution ratios of 1:10, 1:20, 1:30, and 1:40 with a Dispersant to Oil Ratio (DOR) of 0.5:1. Performance test parameters included oil surface area analysis, hydrocarbon component, TSS, COD, pH, viscosity, and density. Data were analyzed using two-way ANOVA and the Composite Performance Index (CPI) method to determine the most optimal OSD for oil spill treatment.

The results of oil dispersion effectiveness tests showed that Bio-OSD Z achieved the highest dispersion efficiency, with 66.88% effectiveness, outperforming commercial OSD. This indicates that Bio-OSD Z 66.88% effectively dispersed oil in addressing marine oil pollution. Hydrocarbon component analysis of performance testing demonstrated that Bio-OSD Z effectively degraded long-chain hydrocarbons, facilitating dispersion and microbial biodegradation. The performance test results for 6 other parameters (oil surface area, TSS, COD, pH, viscosity, and density) were assessed comprehensively using the CPI method. Bio-OSD Z at a 1:20 dilution ratio, with a CPI score of 108.415, was identified as the most optimal OSD product for hydrocarbon pollution mitigation in marine environments.

Keywords: oil spill, oil spill dispersant, palm oil surfactant, performance analysis



@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 2025
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.

**PERBANDINGAN KINERJA PRODUK *OIL SPILL DISPERSANT*
BERBAHAN SURFAKTAN SAWIT DENGAN *PETROLEUM* UNTUK
PENANGANAN PENCEMARAN HIDROKARBON DI LAUT**

NABILAH SHAF A MARDIANIS

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng.
- 2 Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.T.P., M.T.

Judul Tesis : Perbandingan Kinerja Produk *Oil Spill Dispersant* Berbahan Surfactan Sawit dengan *Petroleum* untuk Penanganan Pencemaran Hidrokarbon di Laut

Nama : Nabilah Shafa Mardianis

NIM : F3501231024

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

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



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Erliza Hambali



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, M.S

NIP. 195805211982112001



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.

NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian:
24 Januari 2025

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 Desember 2023 sampai bulan Oktober 2024 ini ialah penilaian kinerja produk OSD, dengan judul “Perbandingan Kinerja Produk *Oil Spill Dispersant* Berbahan Surfaktan Sawit dengan *Petroleum* untuk Penanganan Pencemaran Hidrokarbon di Laut”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M. Eng. dan Prof. Dr. Erliza Hambali 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 Ir. Dwi Febriantini, Ibu Rista Fitria, Ibu Mira Rivai beserta staff Laboratorium SBRC dan Laboratorium TIN yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, seluruh keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

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

Bogor, Januari 2025

Nabilah Shafa Mardianis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pencemaran Tumpahan Minyak	4
2.2 Bahan Baku Bio-OSD	5
2.3 Sintesis Surfactan DEA dan MES	6
2.4 Formulasi Produk OSD	6
2.5 Efektivitas Produk OSD	7
2.6 Kinerja Produk OSD	8
2.7 Metode Pengolahan Data Hasil Lab	9
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Tahapan Penelitian	11
3.3.1 Karakteristik Produk OSD	11
3.3.2 Efektivitas Produk OSD (<i>EPA Swirling Flask Test</i>)	11
3.3.3 Kinerja Produk OSD	12
3.4 Analisis Data	14
3.4.1 Analisis Statistik Metode Rancangan Acak Lengkap (RAL)	14
3.4.2 Metode Pembobotan <i>Rank Order Centroid</i> (ROC)	15
3.4.3 Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Metode <i>Composite Performance Index</i> (CPI)	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Karakteristik Produk OSD	17
4.2 Efektivitas Produk OSD (<i>EPA Swirling Flask Test</i>)	19
4.3 Kinerja Produk OSD	21
4.3.1 Luas Permukaan Minyak Setelah Aplikasi OSD	21
4.3.2 Fraksi Minyak Komponen Hidrokarbon Setelah Aplikasi OSD	23
4.3.3 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) Setelah Aplikasi OSD	26
4.3.4 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Setelah Aplikasi OSD	28
4.3.5 pH Setelah Aplikasi OSD	29
4.3.6 Viskositas Setelah Aplikasi OSD	31
4.3.7 Densitas Setelah Aplikasi OSD	33
4.4 Analisis Data	35
4.4.1 Analisis Pembobotan Metode <i>Rank Order Centroid</i> (ROC)	35
4.4.2 Analisis Metode <i>Composite Performance Index</i> (CPI)	35
4.5 Perbaikan Penelitian ke Depan	36

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 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.

V	SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1	Simpulan	37
5.2	Saran	37
	DAFTAR PUSTAKA	38
	LAMPIRAN	42
	RIWAYAT HIDUP	60

DAFTAR TABEL

1	Rangkuman literatur <i>Oil Spill Dispersant</i> dan pengaplikasiannya	10
2	Karakteristik setiap jenis OSD	17
3	Densitas dan Derajat API <i>crude oil</i>	19
4	Hasil uji efektivitas dispersan pada setiap jenis OSD	20
5	Hasil persentase peningkatan luas permukaan minyak	22
6	Komponen hidrokarbon sebelum dan setelah aplikasi OSD	25
7	Hasil uji kadar TSS pada minyak terdispersi produk OSD	27
8	Hasil uji kadar COD pada minyak terdispersi produk OSD	28
9	Hasil uji pH pada minyak terdispersi produk OSD	30
10	Hasil uji viskositas pada minyak terdispersi produk OSD	32
11	Hasil uji densitas pada minyak terdispersi produk OSD	33
12	Data kriteria penilaian dan bobot kriteria	35
13	Data kode dan nama alternatif	35
14	Hasil peringkat nilai CPI	36

DAFTAR GAMBAR

1	Hasil formulasi Bio-OSD berbahan surfaktan DEA dan MES	17
2	Produk Bio-OSD yang telah dikembangkan	18
3	Hasil dokumentasi uji luas permukaan minyak	22
4	Pengaruh pengenceran OSD pada pencemaran minyak dalam air laut terhadap peningkatan kadar TSS	27
5	Pengaruh pengenceran OSD pada pencemaran minyak dalam air laut terhadap peningkatan kadar COD	29
6	Pengaruh pengenceran OSD pada pencemaran minyak dalam air laut terhadap peningkatan kadar pH	30
7	Pengaruh pengenceran OSD pada pencemaran minyak dalam air laut terhadap peningkatan viskositas	32
8	Pengaruh pengenceran OSD pada pencemaran minyak dalam air laut terhadap peningkatan densitas	34

DAFTAR LAMPIRAN

1	Matriks tujuan dan metode penelitian	43
2	Prosedur kerja <i>Swirling Flask Test</i> standar EPA	44
3	Prosedur kerja uji kinerja OSD	47
4	Prosedur kerja uji luas permukaan minyak	48
5	Prosedur kerja uji komponen hidrokarbon metode GC-MS	49
6	Prosedur kerja uji TSS (SNI 06-6989,3-2004)	50
7	Prosedur kerja uji COD (SNI 6989,73:2009)	51
8	Baku mutu air laut	52
9	Uji <i>Levene</i> (homogenitas) pada luas permukaan minyak setelah aplikasi OSD	54
10	ANOVA pada luas permukaan minyak setelah aplikasi OSD	54
11	Uji <i>Levene</i> (homogenitas) pada kadar TSS setelah aplikasi OSD	55
12	Hasil uji ANOVA pada kadar TSS setelah aplikasi OSD	55
13	Uji <i>Levene</i> (homogenitas) pada kadar COD setelah aplikasi OSD	56
14	Hasil uji ANOVA pada kadar TSS setelah aplikasi OSD	56
15	Uji <i>Levene</i> (homogenitas) pada kadar pH setelah aplikasi OSD	57
16	Hasil uji ANOVA pada kadar pH setelah aplikasi OSD	57
17	Uji <i>Levene</i> (homogenitas) pada viskositas setelah aplikasi OSD	58
18	Hasil uji ANOVA pada viskositas setelah aplikasi OSD	58
19	Uji <i>Levene</i> (homogenitas) pada densitas setelah aplikasi OSD	59
20	Hasil uji ANOVA pada densitas setelah aplikasi OSD	59

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