

REMEDIASI AIR TERCEMAR MINYAK BUMI MENGUNAKAN *OIL SPILL DISPERSANT* DAN *Lemna minor* PADA LAHAN BASAH BUATAN

MUHAMMAD RIDHO FITRISYAH



PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
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;



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Remediasi Air Tercemar Minyak Bumi Menggunakan *Oil Spill Dispersant* Pada Lahan Basah Buatan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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, Maret 2025

Muhammad Ridho Fitrisyah
P0501211004



@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;



RINGKASAN

MUHAMMAD RIDHO FITRISYAH. Remediasi Air Terkontaminasi Minyak Bumi Menggunakan *Oil Spill Dispersant* dan *Lemna minor* pada Lahan Basah Buatan. Dibimbing oleh MOHAMAD YANI dan ANAS MIFTAH FAUZI

Pencemaran minyak bumi akibat aktivitas industri merupakan masalah lingkungan yang signifikan, terutama ketika mencemari sumber daya air. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas bioremediasi air yang terkontaminasi minyak bumi menggunakan *Oil Spill Dispersant* (OSD) dan tanaman *Lemna minor* dalam sistem lahan basah buatan skala laboratorium.

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak kelompok menggunakan kombinasi perlakuan Bio-OSD (berbasis minyak sawit) dan Non-Bio-OSD (berbasis minyak bumi) dengan berbagai rasio *Dispersant to Oil Ratio* (DOR). Parameter utama yang diukur mencakup *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD₅), serta analisis degradasi hidrokarbon menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bio-OSD lebih efektif dibandingkan Non-Bio-OSD dalam menurunkan kadar COD dan BOD₅ air tercemar minyak bumi. Perlakuan terbaik dengan Bio-OSD DOR 0,1:1 mampu mengurangi COD sebesar 37,35% dan BOD₅ sebesar 27,60%. Sedangkan presentase penurunan kadar COD dan BOD fitoremediasi menggunakan Non-Bio-OSD DOR 0:1 sebesar 16,85% dan 18,03%.

Hasil analisis GC-MS terhadap Bio-OSD DOR 0:1:1 menunjukkan adanya degradasi hidrokarbon rantai panjang, seperti n-heksadekana dan nonadekana. Sementara itu, hasil GC-MS pada perlakuan Non-Bio-OSD DOR 0,1:1 masih menunjukkan keberadaan senyawa-senyawa rantai panjang tersebut dengan konsentrasi yang relatif tinggi. Meskipun sistem lahan basah buatan efektif dalam menurunkan COD dan BOD₅, ditemukan bahwa biomassa *Lemna minor* mengalami sedikit penurunan selama proses fitoremediasi, menunjukkan adanya dampak toksik dari OSD terhadap tanaman.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Oil Spill Dispersant* (OSD) berpengaruh terhadap efektivitas proses fitoremediasi air tercemar minyak bumi dalam lahan basah buatan menggunakan *Lemna minor*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Bio-OSD lebih efektif dibandingkan Non-Bio-OSD dalam mempercepat degradasi hidrokarbon serta meningkatkan kualitas air. Dengan demikian, Bio-OSD dapat menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dalam mitigasi tumpahan minyak di perairan. Untuk meningkatkan efektivitas remediasi, kondisi pertumbuhan tanaman perlu dioptimalkan agar dapat berkontribusi secara maksimal dalam proses remediasi yang berkelanjutan.

Kata kunci: fitoremediasi, kualitas air, lahan basah buatan, *Lemna minor*, minyak bumi, *oil spill dispersant*



@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;

SUMMARY

MUHAMMAD RIDHO FITRISYAH . Remediation of Petroleum Contaminated Water Using Oil Spill Dispersant and *Lemna minor* in Constructed Wetlands. Supervised by MOHAMAD YANI and ANAS MIFTAH FAUZI

Petroleum pollution due to industrial activities has a significant environmental problem, mainly when it contaminates water resources. This study aims to evaluate the effectiveness of bioremediation of petroleum-contaminated water using oil spill dispersant (OSD) and *Lemna minor* plants in a laboratory-scale artificial wetland system.

The study was conducted in a group randomized design using a combination of Bio-OSD (palm oil-based) and Non-Bio-OSD (petroleum-based) treatments with various Dispersant to Oil Ratios (DOR). The main parameters measured included Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD₅), and hydrocarbon degradation analysis using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS).

The results showed that Bio-OSD was more effective than Non-Bio-OSD in reducing COD and BOD₅ levels of petroleum-polluted water. The best treatment with Bio-OSD DOR 0.1:1 reduced COD by 37.35% and BOD₅ atrocities by 27.60%. The percentage reduction in COD and BOD levels of phytoremediation using Non-Bio-OSD DOR 0:1 was 16.85% and 18.03%.

The GC-MS analysis of Bio-OSD DOR 0:1:1 showed the degradation of long-chain hydrocarbons, such as n-hexadecane and nonadecane. Meanwhile, the GC-MS results of the Non-Bio-OSD DOR 0.1:1 treatment still showed the presence of these long-chain compounds with relatively high concentrations.

Although the constructed wetland system was an effective in reducing COD and BOD₅, *Lemna minor*'s biomass decreased slightly during the phytoremediation process, indicating the toxic impact of OSD on plants.

This study shows that the use of Oil Spill Dispersant (OSD) affects the effectiveness of the phytoremediation process of petroleum polluted water in artificial wetlands using *Lemna minor*. The analysis showed that Bio-OSD was more effective than Non-Bio-OSD in accelerating hydrocarbon degradation and improving water quality. Therefore Bio-OSD can be a more environmentally friendly alternative in mitigating oil spills in waters. To increase the effectiveness of remediation, plant growth conditions must be optimized to contribute maximally to a sustainable remediation process.

Keywords: constructed wetlands, *Lemna minor*, oil pollution, oil spill dispersant, phytoremediation, water quality



@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 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.



@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.

REMEDIASI AIR TERCEMAR MINYAK BUMI MENGUNAKAN *OIL SPILL DISPERSANT* DAN *Lemna minor* PADA LAHAN BASAH BUATAN

MUHAMMAD RIDHO FITRISYAH

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Bioteknologi

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa, MS.



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.



Judul Tesis : Remediasi Air Tercemar Minyak Bumi Menggunakan *Oil Spill Dispersant* dan *Lemna minor* Pada Lahan Basah Buatan
Nama : Muhammad Ridho Fitrisyah
NIM : P0501211004

@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. Ir. Miftahudin, M. Si.
NIP. 196204191989031001



Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc., F.Trop., IPU
NIP. 196607021993021001



Tanggal Ujian: 25 Februari 2025

Tanggal Pengesahan: 26 MAR 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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Remediasi Air Tercemar Minyak Bumi Menggunakan *Oil Spill Dispersant* dan *Lemna minor* pada Lahan Basah Buatan”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M. Eng. dan Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng. selaku komisi pembimbing atas seluruh sumbangan pikiran, arahan, dan bimbingan yang telah diberikan dengan penuh kesabaran sejak awal rencana penelitian disusun hingga selesainya penulisan tesis ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Inovasi IPB atas dukungan pendanaan melalui Skema Riset Kolaborasi Nasional Tahun 2024 Nomor: 467/IT3.D10/PT.01.03/P/B/2023 Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng. yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini.
2. Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa, MS. Selaku penguji luar komisi yang telah memberikan kritik dan saran agar meningkatkan kualitas penyusunan tesis.
3. Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si. selaku ketua Program Studi Bioteknologi atas kritik, saran dan masukan dalam perbaikan tesis ini
4. Seluruh staff dan teknisi Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
5. Seluruh staff dan teknisi Laboratorium Teknik Manajemen Lingkungan, Departemen Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
6. Keluarga Besar H. Rachmadi, SE dan Hj. Dwi Wiraningsih, SE atas doa, kasih sayang, dukungan dan kepercayaan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Pendidikan S2 ini.
7. Siti Luthfiyyah Adiningsih, S.I.Kom. yang selalu memberikan motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman satu perjuangan dan satu Bimbingan (Aulia Sundari, Kurnia Yati, Yeni Veronika, Nabilah Strata) atas dukungan dan kebersamaan selama menempuh pendidikan.
9. Teman-teman seperjuangan (Anwar, Ricky, Panji, Ismail, Setiadi) atas dukungan dan kebersamaan selama menempuh Pendidikan
10. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Bioteknologi angkatan 2021 atas jalinan persaudaraan, persahabatan, Kerjasama dan kebersamaan dalam menempuh pendidikan.

Bogor, Maret 2025

Muhammad Ridho Fitrisyah



@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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Limbah Minyak Bumi	5
2.2 Bioremediasi Limbah Minyak Bumi	5
2.3 <i>Oil Spill Dispersant</i> (OSD)	6
2.4 Fitoremediasi Air Tercemar Minyak Bumi	7
2.5 Baku Mutu Air Sungai	9
2.6 Tanaman <i>Lemna minor</i>	9
2.7 Lahan Basah Buatan (<i>Constructed Wetland</i>)	11
III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Kerja	13
3.3.1 Studi Pendahuluan	13
3.3.2 Pembuatan Lahan Basah Buatan	14
3.3.3 Rancangan Percobaan	15
3.3.4 Persiapan Media Tanam	15
3.3.5 Pembuatan Simulasi Air Tercemar Minyak Bumi	15
3.3.6 Persiapan OSD	16
3.3.7 Aklimatisasi <i>Lemna minor</i>	16
3.3.8 Aplikasi Reaktor	16
3.3.9 Pengamatan <i>Lemna minor</i>	16
3.3.10 Identifikasi anatomi tanaman <i>Lemna minor</i>	16
3.3.11 Senyawa Hidrokarbon Pasca Fitoremediasi	17
3.3.12 Penurunan Konsentrasi Pencemar, pH, dan Suhu	17
3.4 Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Seleksi Tanaman Fitoremediator	19
4.2 Hasil Pengujian Parameter Kadar Pencemar	19
4.3 Pengaruh <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) terhadap Aktivitas Fitoremediasi oleh <i>L. minor</i>	20
4.3.1 Pengaruh <i>Oil Spill Dispersant</i> (OSD) terhadap Nilai COD Air Tercemar Minyak Bumi	21
4.3.2 Pengaruh <i>Oil Spill Dispersant</i> (OSD) terhadap Nilai COD Air	22
4.3.3 Perbandingan Efisiensi Nilai COD terhadap Kontrol	23

4.4	Pengaruh <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD ₅) terhadap Aktivitas Fitoremediasi oleh <i>L. minor</i>	25
4.4.1	Pengaruh <i>Oil Spill Dispersant</i> (OSD) terhadap Nilai BOD ₅ Air Tercemar Minyak Bumi	25
4.4.2	Pengaruh <i>Oil Spill Dispersant</i> (OSD) terhadap Nilai BOD ₅ Air	26
4.4.3	Pengaruh Perbandingan Efisiensi Nilai BOD ₅ terhadap Kontrol	27
4.5	Pengaruh Derajat Keasaman Air (pH) terhadap Efektivitas Fitoremediasi oleh <i>Lemna minor</i>	29
4.6	Pengaruh Total Padatan Terlarut (TDS) terhadap Efektivitas Fitoremediasi oleh <i>Lemna minor</i>	31
4.7	Pengaruh Oksigen Terlarut (DO) terhadap Efektivitas Fitoremediasi oleh <i>Lemna minor</i>	33
4.8	Pengaruh Suhu Air (°C) terhadap Efektivitas Fitoremediasi oleh <i>Lemna minor</i>	35
4.9	Berat Basah dan Kering <i>Lemna minor</i>	37
4.10	Penampang Akar dan Daun <i>Lemna minor</i>	38
4.11	Perubahan Senyawa Hidrokarbon Hasil Fitoremediasi	39
4.12	Pembahasan Umum	41
V	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	47
	LAMPIRAN	53
	RIWAYAT HIDUP	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Desain reaktor dengan variasi DOR, Bio-OSD dan Non Bio-OSD	15
2	Variabel dan waktu pengambilan sampel	17
3	Jenis, sumber data, dan metode analisis berdasarkan penelitian	17
4	Toleransi Pertumbuhan Tanaman terhadap Berbagai Rasio DOR menggunakan Bio-OSD	19
5	Hasil pengujian parameter kadar pencemar air sebelum dan setelah proses fitoremediasi air tercemar minyak bumi	20
6	Beberapa senyawa hidrokarbon yang hilang atau berkurang pada proses fitoremediasi	44

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi cara kerja <i>Oil spill dispersant</i>	7
2	Mekanisme fitoremediasi tanaman dalam menyerap polutan	8
3	Mekanisme rizofiltrasi, fitotransformasi dan fitovolatilisasi tanaman dalam menyerap polutan	9
4	<i>Lemna minor</i>	11
5	(a) Lahan basah buatan sistem aliran permukaan (<i>Free Water Surface Flow Constructed Wetland</i>) (b) Lahan basah buatan sistem aliran bawah permukaan (<i>Vertical Sub-Surface Flow Constructed Wetland</i>) (c) lahan basah buatan sistem aliran bawah permukaan horizontal (<i>Horizontal Sub-Surface Flow Constructed</i>)	12
6	Bagan alir tahapan penelitian	14
7	Skema lahan basah buatan penelitian	14
8	Perubahan nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) air tercemar minyak bumi dengan penambahan OSD selama 14 hari.	21
9	Perubahan nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) air dengan penambahan OSD selama 14 hari.	23
10	Perbedaan Efisiensi Penurunan COD Air Tercemar Minyak Bumi (%) berdasarkan Jenis OSD dan DOR dibandingkan dengan Efisiensi Perlakuan DOR 0:1	24
11	Perbedaan Efisiensi Penurunan COD Air (%) berdasarkan Jenis OSD dan DOR dibandingkan dengan Efisiensi Perlakuan DOR 0:0.	24
12	Perubahan nilai <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) air tercemar minyak bumi dengan penambahan OSD selama 14 hari	26
13	Perubahan nilai <i>Biological Oxygen Demand</i> (COD) air dengan penambahan OSD selama 14 hari	27
14	Perbedaan Efisiensi Penurunan BOD ₅ Air Tercemar Minyak Bumi (%) berdasarkan Jenis OSD dan DOR dibandingkan dengan Efisiensi Perlakuan DOR 0:1	28
15	Perbedaan Efisiensi Penurunan BOD ₅ Air (%) berdasarkan Jenis OSD dan DOR dibandingkan dengan Efisiensi Perlakuan DOR 0:0	28
16	Perubahan Nilai pH selama penelitian	30

17	Perubahan Nilai TDS selama penelitian	32
18	Perubahan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) selama penelitian (mg/l)	34
19	Perubahan suhu (°C) selama penelitian	36
20	Berat tanaman hasil fitoremediasi setelah 14 hari	37
21	Penampang melintang akar <i>Lemna minor</i>	39
22	Kromatogram GCMS	40

DAFTAR LAMPIRAN

1	Standar baku mutu air sungai menurut PP No. 21 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	55
2	Perubahan luas puncak (%) senyawa yang terdeteksi pada perlakuan	56

