

SKRIPSI

**PENGARUH MIKROALGA *Chlorella* sp. DAN
Nannochloropsis sp. DALAM MENYISIHKAN
LOGAM BERAT Pb**



Oleh :

CHIA FIFIN NAFI'AH

NPM: 19034010034

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA
TAHUN 2023**

SKRIPSI

**PENGARUH MIKROALGA *Chlorella* sp.
DAN *Nannochloropsis* sp. DALAM
MENYISIHKAN LOGAM BERAT Pb**



Oleh :

CHIA FIFIN NAFF'AH

NPM: 19034010034

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JATIM
SURABAYA
TAHUN 2023**

**PENGARUH MIKROALGA *Chlorella* sp. DAN
Nannochloropsis sp. DALAM MENYISIHKAN
LOGAM BERAT Pb**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.**

Diajukan Oleh:

CHIA FIFIN NAFTAH

NPM: 19034010934

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETER
JATIM
SURABAYA
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PENGARUH MIKROALGA *Chlorella* sp. DAN *Nannochloropsis* sp.
DALAM MENYISIHKAN LOGAM BERAT Pb**

Disusun Oleh:

CHIA FIFIN NAFI'AH
NPM 19034010034

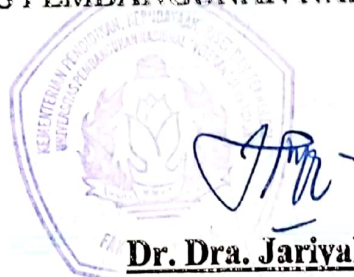
Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal: 14 Juli 2023

Menyetujui
Dosen Pembimbing,



Okik Hendriyanto Cahyonugroho, ST., MT.
NIP. 19750717 202121 1 007

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM



Dr. Dra. Jariyah M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

BIODATA

IDENTITAS DIRI PENELITIAN					
Nama Lengkap	Chia Fifi Nafi'ah				
Fakultas/ Program Studi	Teknik / Teknik Lingkungan				
NPM	19034010034				
TTL	Tuban, 02 Juni 2000				
Alamat	Desa Sumberarum Kecamatan Kerek Kabupaten Tuban				
Telpon	082219702155				
Email	chiafifi26@gmail.com				
PENDIDIKAN					
No	Institusi	Jurusan	Tahun		Keterangan
			Masuk	Lulus	
1.	SDN Sumberarum	-	2007	2013	Lulus
2.	SMP Negeri 1 Tuban	-	2013	2016	Lulus
3.	SMA Negeri 1 Tuban	IPA	2016	2019	Lulus
4.	UPN "Veteran" Jawa Timur	Teknik Lingkungan	2019	2023	Lulus
TUGAS AKADEMIK					
NO	TUGAS	JUDUL			TAHUN
1.	Tugas Perancangan	Perancangan Bangunan Pengolahan Air Buangan Kawasan Industri			2022
		Perancangan Bangunan Pengolahan Air Minum Sumber Air Sungai Brantas Mojokerto			
2.	Magang Mandiri MBKM	Perencanaan <i>Detail Engineering Design</i> (DED) Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Regional Banjarbakula Kalimantan Selatan			2022
3.	Skripsi	Pengaruh Mikroalga <i>Chlorella</i> sp. dan <i>Nannochloropsis</i> sp. dalam Menyisihkan Logam Berat Pb			2023
IDENTITAS ORANG TUA					
Nama	Darmawi				
Alamat	Desa Sumberarum Kecamatan Kerek Kabupaten Tuban				
Telepon	0895363413366				
Pekerjaan	Petani				

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chia Fifi Nafi'ah
NPM : 19034010034
Fakultas / Program Studi : Teknik / Teknik Lingkungan
Judul Skripsi/Tugas Akhir/
Tesis/Desertasi : Pengaruh Mikroalga *Chlorella* sp. dan
Nannochloropsis sp. dalam Menyisihkan Logam Berat Pb

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 18 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Chia Fifi Nafi'ah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi judul “Pengaruh Mikroalga *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. dalam Menyisihkan Logam Berat Pb” tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam program studi S1 Teknik Lingkungan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST., MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Okik Hendriyanto Cahyonugroho, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi selama ini.
4. Ibu Prof. Euis Nurul Hidayah, ST., MT., Ph.D. selaku dosen penguji 1 dan Bapak Ir. Yayok Suryo Purnomo, MS. selaku dosen penguji 2 atas pertanyaan dan saran yang membangun bagi Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata sempurna sehingga diperlukan kritik dan saran dari berbagai pihak. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, universitas, dan khususnya program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, Juli 2023

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada banyak pihak secara langsung maupun tidak langsung yang senantiasa memberikan dukungan bagi penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir Skripsi ini. Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Darmawi dan Ibu Cintatik, yang senantiasa memberikan doa, nasihat, dan dukungan yang tiada hentinya bagi penulis. Adik tercinta, Dilla Lailatul Chusna yang menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan pendidikan, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, dan tiada hentinya memberikan semangat untuk menyelesaikan pendidikan tepat pada waktunya.
2. Asmawati, Lestari Ayu Septian Pamungkas, dan Savira Fevilia yang turut memberikan kritik, saran, dan motivasi mengenai topik penelitian mikroalga, yang tidak bosan menemani dan meluangkan waktunya untuk turut membantu penelitian.
3. Elsa Arinda dan Nabila Nur Arfani yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis, serta mengajak untuk bersama-sama menyelesaikan tugas akhir tepat pada waktunya.
4. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2019 yang telah membantu selama proses pengerjaan tugas akhir.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Lingkup Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Limbah Cair	5
2.1.2 Logam Berat	6
2.1.3 Karakteristik Logam Berat Timbal (Pb)	7
2.1.4 Mikroalga	9
2.1.5 Karakteristik <i>Chlorella</i> sp.	11
2.1.6 Karakteristik <i>Nannochloropsis</i> sp.	13
2.1.7 Laju Pertumbuhan Mikroalga	15
2.1.8 <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS)	16
2.1.9 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	17
2.2 Landasan Teori	19
2.2.1 Penyerapan Logam Berat oleh Mikroalga	19
2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga	21
2.3 Penelitian Terdahulu	27
BAB 3 METODE PENELITIAN	31

3.1	Kerangka Penelitian.....	31
3.2	Bahan dan Alat	33
3.2.1	Bahan	33
3.2.2	Alat	33
3.3	Cara Kerja	34
3.4	Variabel.....	38
3.5	Analisis.....	40
3.6	Jadwal Pelaksanaan.....	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Penelitian Pendahuluan	41
4.1.1	<i>Seeding</i> Mikroalga.....	41
4.1.2	Aklimatisasi.....	47
4.2	Kemampuan Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Nannochloropsis oculata</i> dalam Penyisihan Kadar Pb.....	47
4.3	Pengaruh Penambahan Variasi Konsentrasi Limbah Pb dalam Mikroalga terhadap Jumlah Sel Mikroalga	48
4.4	Penyisihan Konsentrasi Limbah Pb Menggunakan Mikroalga	51
4.5	Kandungan dalam Mikroalga yang Mempengaruhi Penyerapan Logam Berat.....	55
4.6	Pengaruh pH pada Kemampuan Penyisihan Pb oleh Mikroalga.....	56
4.7	Pengaruh Suhu pada Kemampuan Penyisihan Pb oleh Mikroalga	58
4.8	Uji Statistik.....	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS / PENGUKURAN		81
LAMPIRAN B PROSEDUR KERJA.....		90
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN		95
LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN		96
LAMPIRAN E DATA PENDUKUNG		98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen dalam Pupuk Walne.....	24
Tabel 2.2 Komponen dalam Pembuatan Vitamin.....	25
Tabel 2.3 Komponen dalam Larutan <i>Tracemetal</i>	25
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu.....	27
Tabel 3.1 Matriks Variabel Penelitian	39
Tabel 3.2 Analisis Sampel.....	40
Tabel 3.3 Jadwal Kegiatan	40
Tabel 4.1 Jumlah Sel pada <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Nannochloropsis oculata</i>	42
Tabel 4.2 Kandungan Klorofil A pada <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Nannochloropsis oculata</i>	45
Tabel 4.3 Penghitungan Jumlah Sel Mikroalga pada saat Penelitian Utama	48
Tabel 4.4 Konsentrasi Pb dan Persentase Penyisihan	52
Tabel 4.5 Analisis pH pada Saat Penelitian Utama	57
Tabel 4.6 Analisis Suhu pada Saat Penelitian Utama	58
Tabel 4.7 Nilai Eigen, Proporsi, dan Kumulatif Tiap Variabel PC	61
Tabel 4.8 Skor Dua Komponen Utama atau <i>Principle Component</i> (PC)	63
Tabel 4.9 Nilai PC1 dan PC2 Berdasarkan <i>Score Plot</i>	65
Tabel 4.10 Hasil Analisis ANOVA <i>Two Way</i>	66
Tabel 4.10 <i>Grouping Information Using the Tukey Method</i>	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Paparan Pb dalam Lingkungan dan Dampaknya	8
Gambar 2.2 <i>Chlorella vulgaris</i>	12
Gambar 2.3 <i>Nannochloropsis oculata</i>	14
Gambar 2.4 Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	15
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Detail Reaktor.....	35
Gambar 3.3 Reaktor Tampak Atas	36
Gambar 3.4 Rak Reaktor Tampak Depan dan Tampak Belakang.....	36
Gambar 4.1 Laju Pertumbuhan Mikroalga Berdasarkan Jumlah Sel pada <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Nannochloropsis oculata</i>	43
Gambar 4.2 Laju Pertumbuhan Mikroalga Berdasarkan Kandungan Klorofil A pada <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Nannochloropsis oculata</i>	46
Gambar 4.3 Jumlah Sel Mikroalga pada Reaktor B terhadap Hari Sampling pada Berbagai Konsentrasi Limbah Pb	49
Gambar 4.4 Jumlah Sel Mikroalga pada Reaktor C terhadap Hari Sampling pada Berbagai Konsentrasi Limbah Pb	49
Gambar 4.5 Jumlah Sel Mikroalga pada Reaktor D terhadap Hari Sampling pada Berbagai Konsentrasi Limbah Pb	50
Gambar 4.6 Penyisihan Pb Konsentrasi 1 mg/L.....	53
Gambar 4.7 Penyisihan Pb Konsentrasi 5 mg/L.....	54
Gambar 4.8 Penyisihan Pb Konsentrasi 10 mg/L.....	54
Gambar 4.9 Hubungan pH terhadap Laju Pertumbuhan Mikroalga.....	57
Gambar 4.10 Hubungan Suhu terhadap Laju Pertumbuhan Mikroalga.....	59
Gambar 4.11 <i>Scree Plot</i> Penurunan Pb.....	60
Gambar 4.12 <i>Loading Plot</i> Penurunan Pb.....	62
Gambar 4.13 <i>Score Plot</i> Penurunan Pb.....	64

ABSTRAK

Logam berat adalah parameter pencemar yang mengandung toksisitas tinggi dan berbahaya yang dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh makhluk hidup. Salah satu logam berat yang terkandung dalam limbah cair yaitu timbal (Pb). Logam ini termasuk kategori ekstrem toksik yang dapat menyebabkan masalah kesehatan. Salah satu cara pengolahan limbah yang mengandung logam berat Pb yaitu dengan bioremediasi menggunakan mikroalga (fikoremediasi). Dalam penelitian ini digunakan mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*, serta konsorsium keduanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan masing-masing mikroalga dan konsorsium kedua mikroalga dalam menyisihkan logam berat timbal. Potensi bioremediasi ini diukur berdasarkan rasio mikroalga yang divariasikan (100:0, 50:50, dan 0:100) serta konsentrasi limbah Pb (1, 5, dan 10 mg/L) dalam waktu 14 hari dalam skala *batch*. Diperoleh hasil bahwa mikroalga *Chlorella vulgaris* dalam reaktor 10B (100% *Chlorella vulgaris*, 0% *Nannochloropsis oculata*) mampu menyisihkan sebesar 85,0% dari konsentrasi 10 mg/L menjadi 1,5 mg/L pada pH optimum 7,8 – 9,3 dan suhu 27 – 28,2°C.

Kata kunci: Limbah Pb, Mikroalga, *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oculata*, Konsorsium, Jumlah Sel Mikroalga

ABSTRACT

*Heavy metals are pollutant parameters that contain high toxicity and are dangerous which can accumulate in the tissues of living things. One of the heavy metals contained in liquid waste is lead (Pb). This metal is included in the extreme toxic category which can cause health problems. One way to treat waste containing the heavy metal Pb is by bioremediation using microalgae (phycoremediation). In this study, the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis oculata* were used, as well as a consortium of both. This study aims to determine the ability of each microalgae and the consortium of the two microalgae in removing lead heavy metal. Bioremediation potential was measured based on the ratio of microalgae varied (100:0, 50:50, and 0:100) and the concentration of Pb waste (1, 5, and 10 mg/L) within 14 days on a batch scale. The results showed that the microalgae *Chlorella vulgaris* in reactor 10B (100% *Chlorella vulgaris*, 0% *Nannochloropsis oculata*) was able to remove 85.0% from a concentration of 10 mg/L to 1.5 mg/L at an optimum pH of 7.8 – 9.3 and temperature 27 – 28,2°C.*

*Keywords: Pb Waste, Microalgae, *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oculata*, Consortium, Number of Microalgae Cells*