

**PEMANFAATAN *Chlorella sp.*
PADA *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK
DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOSTIMULAN**

SKRIPSI



Oleh :

KHODIJAH AGUSTIANI
NPM 21034010034

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**PEMANFAATAN *Chlorella sp.*
PADA MOVING BED BIOFILM REACTOR
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK
DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOSTIMULAN**

SKRIPSI



Oleh

KHODIJAH AGUSTIANI

NPM 21034010034

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**PEMANFAATAN *Chlorella Sp.*
PADA MOVING BED BIOFILM REACTOR
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK
DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOSTIMULAN**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

KHODIJAH AGUSTIANI

NPM 21034010034

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN *Chlorella Sp.* PADA MOVING BED BIORILM REACTOR DALAM PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOSTIMULAN

Disusun Oleh:


Khodijah Agustiani
NPM 21034010034

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T.
NIP. 19681126 199403 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN *Chlorella Sp.*
PADA MOVING BED BIOFILM REACTOR
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK
DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOSTIMULAN**

Disusun Oleh:


Khodilah Agustiani
NPM. 21034010034

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Chemical Engineering Research Articles (Terakreditasi Sinta 3)**

Menyetujui,

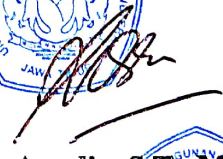
Pembimbing

TIM PENGUJI
1. Ketua


Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T.
NIP. 19681126 199403 2 001

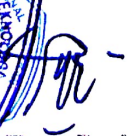

Restu Hikmah Ayu Murti, SST., MSc.
NIP. 19930416 202506 2005

2. Anggota


Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NPT. 172 1992 1124 059

Mengetahui,

**Dekan, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**


Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**PEMANFAATAN *Chlorella Sp.*
PADA MOVING BED BIOFILM REACTOR
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK
DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOSTIMULAN**

Disusun Oleh:


Khodijah Agustiani
NPM 21034010034

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 27 November 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Restu Hikmah Ayu Murti, S.T., M.Sc.
NIP. 19930416 202506 2005


Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NPT. 172 1992 1124 059

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khodijah Agustiani
NPM : 21034010034
Program : Sarjana (S1) / Magister (S2) / Doktor (S3)
Program Studi: Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 26 November 2025

Yang Membuat Pernyataan


Khodijah Agustiani
NPM. 21034010034

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "Pemanfaatan *Chlorella sp.* pada *Moving Bed Biofilm Reactor* dalam Pengolahan Limbah Domestik dan Potensinya sebagai Biostimulan". Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T, selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur sekaligus dosen wali.
3. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
4. Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc. dan Aussie Amalia, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat berarti bagi perbaikan skripsi ini.
5. Juli Winarti, S.T., selaku laboran yang senantiasa memberikan petunjuk dan bimbingan selama penelitian di laboratorium.
6. Ibu saya, Bu Yayuk yang telah membiayai saya, mencurahkan segenap kasih sayang, doa, siraman rohani, dan pengorbanan dari berbagai sisi.
7. Bapak saya, Almarhum Bapak Kholil yang selalu bersemayam di hati dan menjadi sumber semangat dalam setiap langkah yang saya ambil.
8. Kakak-kakak saya, yakni Mbak Kholis, Mbak Khoridah, Mbak Kholidah, dan Mas Nova yang selalu hadir dengan dukungan dan bantuan yang berarti bagi saya.

9. Teman-teman seperjuangan, yakni Melinda selaku teman kos yang selalu menjadi penolong dan tempat berbagi cerita baik suka maupun duka, tak lupa juga dengan Ningrum, Rifki, Venna, Laila, Flaherti, dan Nada TL 19 yang banyak membantu dalam penelitian ini.
10. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2021 atas momen berkesan yang telah diciptakan bersama selama masa perkuliahan.
11. Lich dan Lim yang senantiasa menghibur saya selama pengerjaan skripsi sehingga hari-hari saya menjadi berwarna dan terasa lebih indah.

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

Surabaya, 3 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.1.1 <i>Septic Tank</i>	5
2.1.2 Karakteristik Limbah Domestik <i>Septic Tank</i>	6
2.1.3 Pengolahan Biologis	6
2.2 <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR).....	7
2.2.1 Prinsip Kerja MBBR.....	7
2.2.2 Proses Biologis <i>Aerobic/Oxic</i> dan <i>Anoxic</i>	9
2.3 Mikroalga	12
2.3.1 Definisi dan Klasifikasi Mikroalga	12
2.3.2 <i>Chlorella sp.</i>	14
2.3.3 Teknik Budidaya <i>Chlorella sp.</i>	17
2.3.4 Potensi <i>Chlorella sp.</i> sebagai Agen Pendegradasi	18
2.4 Biostimulan	20
2.4.1 Definisi Biostimulan	20
2.4.2 Mekanisme dan Cara Kerja Biostimulan	21
2.4.3 Metode Aplikasi Biostimulan.....	22
2.4.4 Potensi <i>Chlorella sp.</i> sebagai Biostimulan.....	23

2.4.5	Pembuatan <i>Chlorella sp.</i> sebagai Biostimulan.....	23
2.5	Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>).....	26
2.5.1	Definisi dan Klasifikasi Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>).....	26
2.5.2	Morfologi Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>)	27
2.5.3	Kandungan Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>)	30
2.6	Penelitian Terdahulu.....	31
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1	Kerangka Penelitian	35
3.2	Bahan dan Alat	38
3.3	Rancangan Reaktor	38
3.4	Cara Kerja	42
3.4.1	Tahap Persiapan	42
3.4.2	Kultivasi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	42
3.4.3	<i>Seeding</i>	44
3.4.4	Aklimatisasi	45
3.4.5	Pengolahan MBBR	46
3.4.6	Pembuatan Biostimulan dari <i>Chlorella sp.</i> Pasca MBBR.....	46
3.4.7	Aplikasi Biostimulan terhadap Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>).....	48
3.5	Variabel Penelitian	49
3.6	Analisis Penelitian.....	50
3.6.1	Analisis Parameter	50
3.6.2	Matriks Penelitian	51
3.7	Uji Awal.....	52
3.8	Jadwal Kegiatan	53
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1	Efektivitas <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR) Berbasis Mikroba <i>Indigenous-Chlorella sp.</i> dalam Pengolahan Air Limbah Domestik	54
4.2	Perbandingan Kinerja MBBR Mikroba <i>Indigenous-Chlorella sp.</i> dan MBBR Mikroba <i>Indigenous</i> -Mikroba <i>Indigenous</i> Berdasarkan HRT dan Volume Isian Media.....	57

4.2.1	Penyisihan COD.....	57
4.2.2	Penyisihan BOD ₅	61
4.2.3	Penyisihan TSS	65
4.2.4	Penyisihan Amonia	69
4.2.5	Penyisihan Total Fosfat	74
4.3	Efektivitas Biostimulan <i>Chlorella sp.</i> Pasca Pengolahan MBBR Terhadap Pertumbuhan Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>)	78
4.3.1	Kandungan Nutrisi Biostimulan.....	78
4.3.2	Aplikasi Biostimulan pada Bayam (<i>Amaranthus sp.</i>).....	80
4.3.3	Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Tinggi Tanaman	86
4.3.4	Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Jumlah Daun	88
4.3.5	Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Lebar Daun	90
4.3.6	Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Diameter Batang	92
4.3.7	Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Panjang Akar.....	94
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	96
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran.....	97
	DAFTAR PUSTAKA.....	98
	LAMPIRAN A	109
	LAMPIRAN B	120
	LAMPIRAN C	137
	LAMPIRAN D	143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Media Biocarrier MBBR	9
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu terkait MBBR	31
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu terkait Biostimulan	33
Tabel 3.1 Detail Spesifikasi Reaktor MBBR	41
Tabel 3.2 Pengamatan Kerapatan Sel Kultivasi <i>Chlorella</i> sp.	43
Tabel 3.3 Analisis Hasil	50
Tabel 3.4 Hasil Uji Awal.....	52
Tabel 3.5 Jadwal Kegiatan.....	53
Tabel 4.1 Penyisihan Parameter COD, BOD ₅ , TSS, Amonia, dan Total Fosfat oleh MBBR Mikroba <i>Indigenous-Chlorella</i> sp.....	54
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kandungan Biostimulan	78
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Biostimulan dengan Pupuk Komersial.....	78
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Bayam	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Anoxic-Oxic</i> pada MBBR.....	11
Gambar 2.2 Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	15
Gambar 2.3 Fase Hidup <i>Chlorella sp.</i>	16
Gambar 2.4 Kontak Media (<i>Substratum</i>) dengan Mikroalga	19
Gambar 2.5 Mikroalga dan Bakteri Penebalan Biofilm pada Media	19
Gambar 2.6 Morfologi Akar Bayam.....	27
Gambar 2.7 Morfologi Batang Bayam	28
Gambar 2.8 Morfologi Daun Bayam	28
Gambar 2.9 Morfologi Bunga Bayam	29
Gambar 2.10 Morfologi Biji Bayam.....	29
Gambar 3.1 Desain Reaktor MBBR Mikroba <i>indigenous-Chlorella sp.</i>	39
Gambar 3.2 Desain Reaktor MBBR Mikroba <i>indigenous-Mikroba indigenous</i> .	39
Gambar 3.1 Layout Reaktor MBBR Mikroba <i>indigenous-Chlorella sp.</i>	40
Gambar 3.2 Layout Reaktor MBBR Mikroba <i>indigenous-Mikroba indigenous</i> .	40
Gambar 3.3 Proses Seeding (a) <i>Chlorella sp.</i> (b) Mikroba Indigen	45
Gambar 3.4 Rancangan Penanaman Bayam.....	49
Gambar 4.1 Grafik Penyisihan COD: (a) volume media 20% dan (b) volume media 30%	58
Gambar 4.2 ANOVA Hubungan Volume Media, Jenis Pendegradasi, dan HRT terhadap COD.....	60
Gambar 4.3 Grafik Penyisihan BODs: (a) volume media 20% dan (b) volume media 30%.....	62
Gambar 4.4 ANOVA Hubungan Volume Media, Jenis Pendegradasi, dan HRT terhadap BODs	63
Gambar 4.5 Grafik Penyisihan TSS: (a) volume media 20% dan (b) volume media 30%	65
Gambar 4.6 ANOVA Hubungan Volume Media, Jenis Pendegradasi, dan HRT terhadap TSS	67

Gambar 4.7 Grafik Penyisihan Amonia: (a) volume media 20% dan (b) volume media 30%.....	69
Gambar 4.8 ANOVA Hubungan Volume Media, Jenis Pendegradasi, dan HRT terhadap TSS	72
Gambar 4.9 Grafik Penyisihan Total Fosfat: (a) volume media 20% dan (b) volume media 30%.....	74
Gambar 4.10 ANOVA Hubungan Volume Media, Jenis Pendegradasi, dan HRT terhadap Total Fosfat.....	76
Gambar 4.11 Pembenihan Bayam	81
Gambar 4.12 Bayam Setelah 5 Hari Tanam	81
Gambar 4.13 Bayam Setelah 10 Hari Tanam	82
Gambar 4.14 Bayam Setelah 15 Hari Tanam	82
Gambar 4.15 Bayam Setelah 21 Hari Tanam	83
Gambar 4.16 Bayam Setelah 35 Hari Tanam	83
Gambar 4.17 Tanaman Bayam Setelah 35 Hari Tanam.....	84
Gambar 4.18 Perbandingan Pertumbuhan Bayam tanpa biostimulan, biostimulan 50%, dan biostimulan 100%	84
Gambar 4.19 Hasil MANOVA Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam	85
Gambar 4.20 Grafik Pengaruh Biostimulan terhadap Tinggi Tanaman	86
Gambar 4.21 Hasil ANOVA <i>One-Way</i> Pengaruh Konsentrasi Biostimulan terhadap Tinggi Tanaman.....	87
Gambar 4.22 Grafik Pengaruh Biostimulan terhadap Jumlah Daun	88
Gambar 4.23 Hasil ANOVA Pengaruh Biostimulan terhadap Jumlah Daun.....	89
Gambar 4.24 Grafik Pengaruh Biostimulan terhadap Lebar Daun	90
Gambar 4.25 Hasil ANOVA Pengaruh Biostimulan terhadap Lebar Daun	91
Gambar 4.26 Grafik Pengaruh Biostimulan terhadap Diameter Batang	92
Gambar 4.27 Hasil ANOVA Pengaruh Biostimulan terhadap Diameter Batang	93
Gambar 4.28 Grafik Pengaruh Biostimulan terhadap Panjang Akar.....	94
Gambar 4.29 Hasil ANOVA Pengaruh Biostimulan terhadap Panjang Akar	95

ABSTRAK

Air limbah domestik dari sistem *septic tank* mengandung beban pencemar organik dan nutrisi yang tinggi, sehingga memerlukan teknologi pengolahan yang efektif sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) berbasis mikroalga *Chlorella sp.* dalam menurunkan konsentrasi pencemar utama pada limbah domestik. Percobaan dilakukan pada skala laboratorium dengan variasi volume media dan *Hydraulic Retention Time* (HRT). Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi COD, BOD₅, TSS, amonia, dan total fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MBBR dengan integrasi *Chlorella sp.* mampu menyisihkan pencemar secara signifikan. Penyisihan COD tertinggi mencapai 92,31% dari konsentrasi awal 174,72 mg/L menjadi 13,44 mg/L, sementara BOD₅ berkurang sebesar 93,83% dari 124,48 mg/L menjadi 7,68 mg/L. Pada parameter TSS, efisiensi penyisihan tercatat 81,82% (110 mg/L menjadi 20 mg/L), sedangkan amonia turun hingga 93,09% (39,1 mg/L menjadi 2,7 mg/L). Parameter total fosfat juga menunjukkan penurunan sebesar 88,66%, dari 3,8 mg/L menjadi 0,431 mg/L. Seluruh nilai efluen yang dihasilkan memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016. Selain itu, pemanfaatan efluen hasil pengolahan yang diekstrak dan digunakan sebagai biostimulan untuk bayam (*Amaranthus sp.*) memperlihatkan peningkatan pertumbuhan vegetatif dibandingkan kontrol, meskipun aspek ini bukan fokus utama penelitian. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa MBBR berbasis *Chlorella sp.* merupakan metode efektif dan berkelanjutan untuk pengolahan limbah domestik dengan potensi pemanfaatan lanjut pada bidang pertanian.

Kata kunci: air limbah domestik, biostimulan, *Chlorella sp.*, MBBR, penyisihan pencemar

ABSTRACT

*Domestic wastewater from septic tank systems contains a high load of organic pollutants and nutrients, requiring effective treatment technology before being discharged into the environment. This study aimed to evaluate the performance of a Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) integrated with the microalga *Chlorella* sp. in reducing major contaminants in domestic wastewater. The experiment was conducted at a laboratory scale with variations in media volume and Hydraulic Retention Time (HRT). Water quality parameters analyzed included COD, BOD₅, TSS, ammonia, and total phosphate. The results showed that the MBBR integrated with *Chlorella* sp. effectively removed pollutants. The highest COD removal reached 92.31%, from an initial concentration of 174.72 mg/L to 13.44 mg/L, while BOD₅ was reduced by 93.83% from 124.48 mg/L to 7.68 mg/L. TSS removal efficiency was recorded at 81.82% (110 mg/L to 20 mg/L), whereas ammonia decreased by 93.09% (39.1 mg/L to 2.7 mg/L). Total phosphate was also reduced by 88.66%, from 3.8 mg/L to 0.431 mg/L. All effluent values complied with the Indonesian domestic wastewater discharge standard (Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68/2016). Furthermore, the treated effluent extracted and applied as a biostimulant for spinach (*Amaranthus* sp.) showed enhanced vegetative growth compared to the control, although this aspect was not the primary focus of the study. Overall, the findings confirm that the *Chlorella* sp.-based MBBR is an effective and sustainable method for domestic wastewater treatment with potential added value in agricultural applications.*

Keywords: *biostimulant, *Chlorella* sp., contaminant removal, domestic wastewater, MBBR*