

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS *Chlorella sp.* DAN
Spirulina platensis PADA MOVING BED
BIOFILM REACTOR UNTUK MENURUNKAN
BOD DAN AMONIA DALAM AIR LIMBAH
DOMESTIK**



Oleh :

LESTARI AYU SEPTIAN PAMUNGKAS

NPM 19034010031

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA
TAHUN 2024**

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS *Chlorella sp.* DAN
Spirulina platensis PADA MOVING BED
BIOFILM REACTOR UNTUK MENURUNKAN
BOD DAN AMONIA DALAM AIR LIMBAH
DOMESTIK**



Oleh:

LESTARI AYU SEPTIAN PAMUNGKAS

NPM 19034010031

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JATIM

SURABAYA

TAHUN 2024

**EFEKTIVITAS *Chlorella sp.* DAN *Spirulina platensis* PADA
MOVING BED BIOFILM REACTOR UNTUK MENURUNKAN
BOD DAN AMONIA DALAM AIR LIMBAH DOMESTIK**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

LESTARI AYU SEPTIAN PAMUNGKAS

NPM: 19034010031

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JATIM
SURABAYA
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**EFEKTIVITAS *Chlorella sp.* DAN *Spirulina platensis* PADA
MOVING BED BIOFILM REACTOR UNTUK MENURUNKAN
BOD DAN AMONIA DALAM AIR LIMBAH DOMESTIK**

Disusun Oleh :

LESTARI AYU SEPTIAN PAMUNGKAS
NPM: 19034010031

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal : 3 Januari 2024

Menyetujui
Dosen Pembimbing,

Firra Rosariawari, S.T., M.T.
NIP. 19750409 202121 2 004

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM

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

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lestari Ayu Septian Pamungkas
NPM : 19034010031
Fakultas / Program Studi : Teknik / Teknik Lingkungan
Judul Skripsi/Tugas Akhir/
Tesis/Desertasi : Efektivitas *Chlorella sp.* dan *Spirulina platensis* pada
Moving Bed Biofilm Reactor Untuk Menurunkan BOD dan
Amonia dalam Air Limbah Domestik

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, 9 Januari 2024

Yang menyatakan,



(Lestari Ayu Septian Pamungkas)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Efektivitas *Chlorella sp.* dan *Spirulina platensis* pada *Moving Bed Biofilm Reactor* Untuk Menyisihkan BOD dan Amonia dalam Air Limbah Domestik” tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dan Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
3. Ibu Nanik Ratni J.A.R., M.Kes., dan Bapak Ir. Yayok Suryo Purnomo, M.S., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan selama proses penyelesaian skripsi.
4. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmu di dalam kelas maupun saat diskusi.

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 Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 9 Januari 2024

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 Suwantik dan Ibu Winarti, yang senantiasa memberikan doa, nasihat, dan dukungan yang tiada hentinya bagi penulis.
2. Adik Adik tercinta, Dwi Putri Saskia Maharani dan Annet Oktavia 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.
3. Asmawati, Chia Fiffin Nafi'ah, dan Savira Fevilia yang turut memberikan kritik, saran, dan motivasi mengenai topik penelitian mikroalga penelitian.
4. Elsa Arinda, Nabila Nur Arfani, dan Erwin Kurniawati yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
5. Nur Farah Puja Ananda, Lutfy Nur Kamelia, Nadya Erawati, Hamdiah Syukriyatulilla yang memberikan semangat untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir.
6. 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.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Penelitian	3
1.3.2 Manfaat Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Air Limbah Rumah Susun	5
2.1.2 Karakteristik Limbah	5
2.1.3 Pengolahan Biologis	7
2.1.4 Mikroalga.....	8
2.1.5 <i>Chlorella sp.</i>	10
2.1.6 <i>Spirulina platensis</i>	12
2.1.7 Fase Pertumbuhan Mikroalga	14
2.1.8 <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR)	15
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 Mekanisme Perlekatan Mikroalga	18
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pembentuk Biofilm Mikroalga.....	19
2.2.3 Mekanisme Kerja Reaktor	22

2.3	Penelitian Terdahulu	22
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Kerangka Penelitian	26
3.2	Bahan dan Peralatan.....	28
3.2.1	Bahan	28
3.2.2	Peralatan.....	28
3.3	Prosedur Kerja.	28
3.3.1	Persiapan Limbah Domestik Rumah Susun.....	28
3.3.2	<i>Seeding</i> Mikroalga	28
3.3.3	Aklimatisasi	29
3.3.4	Percobaan Utama	29
3.4	Variabel Penelitian.....	30
3.5	Analisis	31
3.6	Jadwal Kegiatan	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Penelitian Pendahuluan.....	34
4.1.1	Karakteristik Awal Air Limbah Domestik Rumah Susun	34
4.1.2	<i>Seeding</i> Mikroalga	35
4.1.3	Aklimatisasi	38
4.2	Pembentukan Biofilm Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> dan <i>Spirulina platensis</i> pada <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i>	51
4.2.1	Pembentukan Biofilm Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> pada <i>Moving Bed</i> <i>Biofilm Reactor</i> (MBBR).....	52
4.2.2	Pembentukan Biofilm Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> pada <i>Moving</i> <i>Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR).....	56
4.3	Efektivitas Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> dan <i>Spirulina platensis</i> pada <i>Moving</i> <i>Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR).....	61
4.3.1	Kemampuan Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> dan <i>Spirulina platensis</i> dalam Penyisihan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	62
4.3.2	Kemampuan Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> dan <i>Spirulina platensis</i> dalam Penyisihan Amonia (NH ₃ N)	66

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN A ANALISIS/ PENGUKURAN	86
LAMPIRAN B PROSEDUR KERJA.....	97
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN	105
LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN	108
LAMPIRAN E DATA PENDUKUNG	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Media/ <i>Biocarrier</i>	17
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian	32
Tabel 3. 2 Jadwal Kegiatan	33
Tabel 4. 1 Hasil Uji Parameter Awal	35
Tabel 4. 2 Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Kerapatan Sel Mikroalga (<i>Chlorella sp.</i> dan <i>Spirulina platensis</i>) pada Tahap <i>Seeding</i>	36
Tabel 4. 3 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Adaptasi pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	39
Tabel 4. 4 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> terhadap Kemampuan Adaptasi pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	41
Tabel 4. 5 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Pembentukan Biofilm pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	44
Tabel 4. 6 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Kemampuan Pembentukan Biofilm pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	46
Tabel 4. 7 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Suhu pada Tahap Aklimatisasi Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> di Setiap Reaktor	48
Tabel 4. 8 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap pH pada Tahap Aklimatisasi Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> di Setiap Reaktor	50
Tabel 4. 9 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Adaptasi di Setiap Reaktor	52
Tabel 4. 10 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm di Setiap Reaktor	54
Tabel 4. 11 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Kemampuan Adaptasi di Setiap Reaktor	57

Tabel 4. 12 Pengaruh Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm di Setiap Reaktor	59
Tabel 4. 13 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Kemampuan Penyisihan BOD di Setiap Reaktor	62
Tabel 4. 14 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Kemampuan Penyisihan Amonia (NH ₃ N) di Setiap Reaktor	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	10
Gambar 2. 2 Mikroalga <i>Spirulina platensis</i>	12
Gambar 2. 3 Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	14
Gambar 2. 4 Adhesi Awal Berupa Kontak Media (Substratum) dengan Mikroalga	18
Gambar 2. 5 Mikroalga dan Bakteri Penebalan Biofilm pada Media	19
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 3. 2 <i>Seeding</i> Mikroalga.....	30
Gambar 3. 3 Aklimatisasi dan Penelitian Utama	30
Gambar 4. 1 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Kerapatan Sel Mikroalga (<i>Chlorella sp.</i> dan <i>Spirulina platensis</i>) pada Tahap <i>Seeding</i>	37
Gambar 4. 2 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Adaptasi pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor.....	40
Gambar 4. 3 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> terhadap Kemampuan Adaptasi pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	42
Gambar 4. 4 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Pembentukan Biofilm pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	45
Gambar 4. 5 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Kemampuan Pembentukan Biofilm pada Tahap Aklimatisasi di Setiap Reaktor	47
Gambar 4. 6 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Suhu pada Tahap Aklimatisasi Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> di Setiap Reaktor	49
Gambar 4. 7 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap pH pada Tahap Aklimatisasi Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> di Setiap Reaktor.....	51
Gambar 4. 8 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Adaptasi di Setiap Reaktor	53

Gambar 4. 9 Biofilm Pada Reaktor <i>Chlorella sp.</i>	54
Gambar 4. 10 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm di Setiap Reaktor.	55
Gambar 4. 11 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Kemampuan Adaptasi di Setiap Reaktor.....	58
Gambar 4. 12 Hubungan Waktu Tinggal dan Kerapatan Sel Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Kemampuan Membentuk Biofilm di Setiap Reaktor.....	60
Gambar 4. 13 <i>Kaldness 3</i> pada Reaktor dengan <i>Spirulina platensis</i>	61
Gambar 4. 14 <i>Kaldness 3</i> pada Reaktor Kontrol (tanpa mikroalga)	61
Gambar 4. 15 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Konsentrasi BOD pada Setiap Reaktor Kontrol	63
Gambar 4. 16 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Terhadap Konsentrasi BOD pada Setiap Reaktor dengan <i>Chlorella sp.</i>	64
Gambar 4. 17 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Terhadap Konsentrasi BOD pada Setiap Reaktor dengan <i>Spirulina platensis</i>	65
Gambar 4. 18 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Konsentrasi Amonia (NH ₃ N) pada Setiap Reaktor Kontrol.....	68
Gambar 4. 19 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Konsentrasi Amonia (NH ₃ N) pada Setiap Reaktor dengan <i>Chlorella sp.</i>	69
Gambar 4. 20 Hubungan Waktu Tinggal Terhadap Konsentrasi Amonia (NH ₃ N) pada Setiap Reaktor dengan <i>Spirulina platensis</i>	70

ABSTRAK

Limbah domestik berkontribusi 60% terhadap pencemaran air, terutama karena rumah tangga membuang limbahnya ke saluran drainase. Limbah domestik mengandung polutan organik dan anorganik seperti BOD, COD, TSS, dan amonia. Pengolahan biologis dapat mengurangi kadar polutan dalam limbah domestik dengan menggunakan mikroalga *Chlorella sp.* dan *Spirulina platensis* secara tersuspensi dan terlekat membentuk biofilm pada *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menentukan efektivitas MBBR dengan mikroalga *Chlorella sp.* dan *Spirulina platensis* dalam pengolahan limbah domestik. Penelitian ini berfokus pada peran biofilm mikroalga dalam mengurangi konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan amonia dalam limbah domestik. Penelitian ini menggunakan metode *batch* dengan MBBR *Chlorella sp.* dan *Spirulina platensis* dengan volume media *kaldness* 3 yang berbeda (10%, 20%, dan 30%) dan waktu tinggal yang berbeda (8 jam, 24 jam, 60 jam, dan 120 jam). Hasil penelitian menunjukkan pembentukan biofilm mikroalga *Chlorella sp.* tertinggi terjadi pada reaktor C7 (*kaldness* 20%) dengan kepadatan sel 10.630×10^4 sel/mL pada waktu tinggal 60 jam (2,5 hari). Biofilm yang terbentuk pada *Spirulina platensis* berada di permukaan air tidak dapat melekat pada *kaldness*. Reaktor dengan mikroalga *Chlorella sp.* memiliki kemampuan penyisihan terbaik dibandingkan reaktor kontrol dan *Spirulina platensis*. Penyisihan tertinggi terjadi pada reaktor C7 (*kaldness* 20%) dengan persentase penyisihan BOD sebesar 94% dengan kadar amonia tersisa sebesar 10,56 mg/L dan Amonia sebesar 98,84% dengan kadar amonia tersisa sebesar 0,048 mg/L pada waktu tinggal 60 jam (2,5 hari).

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, *Chlorella sp.*, Mikroalga, *Spirulina platensis*

ABSTRACT

*Domestic wastewater contributes 60% to water pollution, mainly because households dispose of their waste into drainage channels. Domestic wastewater contains organic and inorganic pollutants such as BOD, COD, TSS, and ammonia. Biological treatment can reduce the pollutant levels in domestic wastewater by using *Chlorella sp.* and *Spirulina platensis* in suspension and attached form biofilm on Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). This study aims to test and determine the effectiveness of MBBR with *Chlorella sp.* and *Spirulina platensis* in domestic wastewater treatment. This study focuses on the role of microalgae biofilm in reducing the concentration of Biological Oxygen Demand (BOD) and ammonia in domestic wastewater. This study uses a batch method with Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) *Chlorella sp.* and *Spirulina platensis* with different volumes of kaldness 3 media (10%, 20%, and 30%) and different retention times (8 hours, 24 hours, 60 hours, and 120 hours). The research results show that the highest formation of *Chlorella sp.* microalgae biofilm occurred in reactor C7 (20% kaldness) with a cell density of 10.630×10^4 cells/mL at a residence time of 60 hours (2.5 days). The biofilm formed on *Spirulina platensis* was on the water surface and could not adhere to the kaldness. Reactors with *Chlorella sp.* had the best removal ability compared to control reactors and *Spirulina platensis*. The highest removal occurred in reactor C7 (kaldness 20%) with a BOD removal percentage of 94% with a residual ammonia level of 10.56 mg/L and Ammonia of 98.84% with a residual ammonia level of 0.048 mg/L at a retention time of 60 hours (2.5 days).*

Keywords: *Wastewater, Chlorella sp., Spirulina platensis*