

**EFEKTIVITAS PENYISIHAN AMONIA DAN FOSFAT
PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU
DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)
MENGUNAKAN MIKROALGA (*Nannochloropsis oculata*)**

SKRIPSI



Oleh :

ASMAWATI
NPM 19034010025

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2024**

**EFEKTIVITAS PENYISIHAN AMONIA DAN FOSFAT
PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU
DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)
MENGUNAKAN MIKROALGA (*Nannochloropsis oculata*)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S. T.)
pada Fakultas Teknik dan Sains Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur**



Oleh:

ASMAWATI
NPM 19034010025

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA TIMUR**

**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

SURABAYA

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**EFEKTIVITAS PENYISIHAN AMONIA DAN FOSFAT
PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU
DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)
MENGUNAKAN MIKROALGA (*Nannochloropsis oculata*)**

Disusun Oleh:

ASMAWATI
NPM. 19034010025

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

Menyetujui,
PEMBIMBING


Ir. Yayok Suryo Purnomo, M. T.
NIP. 19600601 198703 1 001

Mengetahui,

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


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


LEMBAR PENGESAHAN
EFEKTIVITAS PENYISIHAN AMONIA DAN FOSFAT
PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU
DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)
MENGGUNAKAN MIKROALGA (*Nannochloropsis oculata*)

Disusun Oleh:

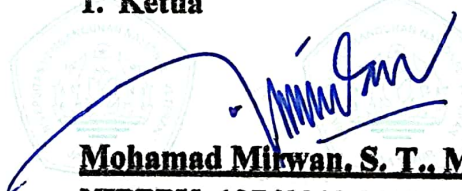
ASMAWATI
NPM. 19034010025

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada
Jurnal Serambi Engineering (Terakreditasi SINTA 4)
Volume 9, Nomor 3, Juli 2024

Menyetujui,
PEMBIMBING


Ir. Yavok Survo P., M. T.
NIP. 19600601 198703 1 001

TIM PENGUJI
1. Ketua


Mohamad Mirwan, S. T., M. T.
NIPPPK. 19760212 202121 1 004

2. Anggota


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

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


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

LEMBAR REVISI

**EFEKTIVITAS PENYISIHAN AMONIA DAN FOSFAT
PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU
DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)
MENGUNAKAN MIKROALGA (*Nannochloropsis oculata*)**

Disusun Oleh:

ASMAWATI
NPM. 19034010025

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 20 Mei 2024

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Mohamad Mirwan, S. T., M. T.
NIPPPK. 19760212 202121 1 004


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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Asmawati
NPM : 19034010025
Fakultas : Teknik dan Sains
Program Studi : Teknik Lingkungan
Email : asmawati0015@gmail.com
Judul Skripsi : Efektivitas Penyisihan Amonia dan Fosfat Pada Air Limbah Industri Tahu dengan Sistem *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) Menggunakan Mikroalga (*Nannochloropsis oculata*)

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, 27 Mei 2024



(Asmawati)

KATA PENGANTAR

Puji syukur panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta senantiasa memberikan kesehatan, kemampuan, dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Efektivitas Penyisihan Amonia dan Fosfat Pada Air Limbah Industri Tahu dengan Sistem *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) Menggunakan Mikroalga (*Nannochloropsis oculata*)” dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam program studi S1 Teknik Lingkungan 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. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, 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.
3. Bapak Ir. Yayok Suryo P., M.S. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.
4. Bapak Mohamad Mirwan, S.T., M.T. dan Ibu Aussie Amalia, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun selama proses penyelesaian skripsi.

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

Surabaya, Mei 2024

Penyusun

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 Skripsi ini. Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua, Bapak Tamiran dan Ibu Nursiyah yang senantiasa memberikan do'a, nasihat, dan dukungan yang tiada hentinya bagi penulis. Kakak tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan dalam menyelesaikan pendidikan.
2. Chia Fiffin Nafi'ah, Lestari Ayu Septian Pamungkas, dan Savira Fevilia yang turut memberikan kritik, saran, dan motivasi mengenai topik penelitian mikroalga, serta turut membantu selama proses penelitian.
3. Elsa Arinda, Nabila Nur Arfani, dan Thineza Ardea Pramesti yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
4. Erdha Ega Agatha Salsabillah dan Madaniyah yang telah memberikan semangat untuk segera menyelesaikan skripsi.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2019 yang telah membantu selama proses pengerjaan skripsi.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Air Limbah Industri Tahu	5
2.1.2 Karakteristik Limbah	5
2.1.3 Parameter Pencemar yang Akan Diturunkan dalam Penelitian	6
2.1.4 Pengolahan Biologis	7
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR)	8
2.2.2 Mikroalga	9
2.2.3 Fase Pertumbuhan Mikroalga	11
2.2.4 <i>Nannochloropsis oculata</i>	12
2.2.5 Mekanisme Pelekatan Mikroalga	13
2.2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biofilm	14
2.2.7 Media Biofilm	16
2.2.8 Penelitian Terdahulu	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	23

3.1.	Kerangka Penelitian	23
3.2.	Bahan dan Alat	24
3.3.	Cara Kerja	25
3.3.1.	Tahap Persiapan.....	25
3.3.2.	Proses Kultur Mikroalga	25
3.3.3.	Proses <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	25
3.3.4.	Penelitian Utama	26
3.4.	Variabel Penelitian.....	28
3.5.	Analisis.....	29
3.6.	Jadwal Kegiatan.....	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1.	Penelitian Pendahuluan	31
4.1.1.	Analisis Karakteristik Awal Air Limbah Tahu	31
4.1.2.	Kultur Mikroalga	31
4.1.3.	<i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	33
4.2.	Penelitian Utama.....	34
4.2.1.	Pengaruh variasi media dan volume media terhadap penurunan kadar amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada air limbah industri tahu	34
4.2.2.	Pengaruh variasi media dan volume media terhadap penurunan kadar Fosfat (PO_4) pada air limbah industri tahu	39
4.2.3.	Pengaruh waktu sampling terhadap penurunan kadar amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada air limbah industri tahu	43
4.2.4.	Pengaruh waktu sampling terhadap penurunan kadar Fosfat (PO_4) pada air limbah industri tahu	45
4.2.5.	Identifikasi Mikroorganisme dalam Reaktor MBBR	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1.	Kesimpulan.....	51
5.2.	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS.....		59
A.1	Kultur Mikroalga	59

A.2	Seeding.....	60
A.3	Aklimatisasi.....	61
A.4	Penelitian Utama.....	62
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR KERJA		65
B.1	Perhitungan Jumlah Media.....	65
B.2	Perhitungan Debit	65
B.3	Kultur Mikroalga	66
B.4	Perhitungan Jumlah Sel Mikroalga Menggunakan Haemocytometer	66
B.5	Analisis Fosfat	67
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3. 1 Karakteristik Media.....	27
Tabel 3. 2 Matriks Variabel Penelitian	28
Tabel 3. 3 Analisis Sampel.....	29
Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan	29
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Limbah Tahu.....	31
Tabel 4. 2 Jumlah Sel <i>Nannochloropsis oculata</i>	32
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Removal Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) Air Limbah Tahu Menggunakan Media Bioball, Spons (<i>Biocube</i>), dan Tanpa Media dalam Reaktor MBBR dengan waktu sampling (setelah HRT 24 jam)	35
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Removal Fosfat pada Air Limbah Tahu Menggunakan Media Bioball, Spons (<i>Biocube</i>), dan Tanpa Media dalam Reaktor MBBR dengan waktu sampling (setelah HRT 24 jam)	40
Tabel 4. 5 Hasil Uji Mikroorganisme Pada Proses Pengolahan Air Limbah Tahu	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mikroalga <i>Nannochloropsis oculata</i>	12
Gambar 2. 2 Adhesi awal berupa kontak media (substratum) dengan mikroalga .	13
Gambar 2. 3 Mikroalga dan bakteri penebalan Biofilm pada media	14
Gambar 2. 4 Spesifikasi <i>Bioball</i>	17
Gambar 2. 5 Spesifikasi Spons (<i>Biocube</i>).....	17
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Skema Reaktor MBBR	277
Gambar 4. 1 Laju Pertumbuhan Mikroalga Berdasarkan Jumlah Sel <i>Nannochloropsis oculata</i>	322
Gambar 4. 2 Grafik penyisihan PO_4 selama proses aklimatisasi.....	344
Gambar 4. 3 Hubungan Persentase Removal Amonia (NH_3-N) Air Limbah Tahu Menggunakan Media <i>Bioball</i> , Spons (<i>Biocube</i>), dan Tanpa Media dalam Reaktor MBBR dengan waktu sampling (setelah HRT 24 jam)	366
Gambar 4. 4 Hubungan Persentase Removal Fosfat pada Air Limbah Tahu Menggunakan Media <i>Bioball</i> , Spons (<i>Biocube</i>), dan Tanpa Media dalam Reaktor MBBR dengan waktu sampling (setelah HRT 24 jam)	411
Gambar 4. 5 Hubungan Persentase Removal Amonia (NH_3-N) Air Limbah Tahu Menggunakan Media <i>Bioball</i> (a), Spons (<i>Biocube</i>) (b), dan Tanpa Media (c) dalam Reaktor MBBR dengan waktu sampling (setelah HRT 24 jam)	444
Gambar 4. 6 Hubungan Persentase Removal Fosfat (PO_4) Air Limbah Tahu Menggunakan Media <i>Bioball</i> (a), Spons (<i>Biocube</i>) (b), dan Tanpa Media (c) dalam Reaktor MBBR dengan waktu sampling (setelah HRT 24 jam)	466

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PENYISIHAN AMONIA DAN FOSFAT PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DENGAN SISTEM *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR) MENGUNAKAN MIKROALGA (*Nannochloropsis oculata*)

ASMAWATI
NPM 19034010025

Industri tahu menghasilkan air limbah yang mengandung amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan fosfat (PO_4) yang tinggi. Kandungan polutan yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran air jika limbah cair tahu dibuang langsung ke lingkungan. Salah satu alternatif pengolahan biologis untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan mikroalga *Nannochloropsis oculata* secara tersuspensi dan terlekat membentuk biofilm pada *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi media, volume media, dan waktu sampling terhadap penurunan kadar amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan fosfat (PO_4) pada air limbah industri tahu pada sistem Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) menggunakan mikroalga *Nannochloropsis oculata* secara kontinyu. Reaktor MBBR dioperasikan dengan variasi media spons 20%, 30%, dan 40%; media bioball 20%, 30%, dan 40%; dan variasi waktu sampling 0, 4, 8, 12 jam (setelah HRT 24 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis media spons dengan volume media sebanyak 20% dari volume air limbah terbaik dalam mendegradasi amonia dan fosfat dalam air limbah tahu dengan waktu operasi 12 jam (setelah HRT 24 jam). Persentase removal amonia dan fosfat tertinggi yang dicapai pada volume media sebanyak 20% dari volume air limbah pada pengambilan sampel jam ke-12 sebesar 90,83%, dan 72,45% dengan nilai pada setiap parameter sebesar 0,43 mg/L, dan 7,5 mg/L.

Kata kunci: MBBR, Mikroalga *Nannochloropsis oculata*, Bioball dan Spons (Biocube), Air Limbah Tahu

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF AMMONIA AND PHOSPHATE REMOVAL ON TOFU INDUSTRIAL WASTEWATER WITH A MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR) SYSTEM USING MICROALGAE (*Nannochloropsis oculata*)

**ASMAWATI
NPM 19034010025**

*The tofu industry produces wastewater that contains high levels of ammonia (NH₃-N) and phosphate (PO₄). High pollutant content can cause water pollution if tofu liquid waste is discharged directly into the environment. One alternative biological treatment to overcome this problem is to use the microalgae *Nannochloropsis oculata* suspended and attached to form a biofilm in the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). This research aims to determine the effect of variations in media, media volume, and sampling time on reducing ammonia (NH₃-N) and phosphate (PO₄) levels in tofu industry wastewater in a Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) system using the microalga *Nannochloropsis oculata*. The MBBR reactor was operated with variations in sponge media of 20%, 30%, and 40%; bioball media 20%, 30%, and 40%; and sampling time variations of 0, 4, 8, 12 hours (after 24 hours of HRT). The results showed that variations in the type of sponge media with media volume as much as 20% of the best wastewater volume in degrading ammonia and phosphate in tofu wastewater with an operating time of 12 hours (after 24-hour HRT). The highest percentage of ammonia and phosphate removal achieved in media volume was 20% of wastewater volume in the 12th hour sampling of 90.83%, and 72.45% with values in each parameter of 0,43 mg/L, and 7,5 mg/L.*

Key words: *MBBR, Microalgae *Nannochloropsis oculata*, Bioball and Sponge (Biocube), tofu wastewater*