

**KONSORSIUM MIKROBA *INDIGENOUS* DAN
MIKROALGA *Chlorella sp.* DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KECAP
MENGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR)**

SKRIPSI



Oleh:

ZUHRIA OKTAVIANI

NPM. 20034010022

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

**KONSORSIUM MIKROBA *INDIGENOUS* DAN
MIKROALGA *Chlorella sp.* DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KECAP
MENGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR)
SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik dan Sains Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



Oleh:

ZUHRIA OKTAVIANI
NPM. 20034010022

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

2024

LEMBAR PENGESAHAN
KONSORSIUM MIKROBA *INDIGENOUS* DAN
MIKROALGA *Chlorella sp.* DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KECAP
MENGGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR)

Disusun oleh:

ZUHRIA OKTAVIANI
NPM. 20034010022


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


PEMBIMBING

Menyetujui,

TIM PENGUJI

1. Ketua


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


Dr. Ir. Munawar Ali, M.T.
NIP. 19600401 198803 1 001

2. Anggota


Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NIP. 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 PERSETUJUAN
KONSORSIUM MIKROBA *INDIGENOUS* DAN
MIKROALGA *Chlorella sp.* DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KECAP
MENGGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR)

Disusun oleh:

ZUHRIA OKTAVIANI
NPM. 20034010022

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

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. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI
KONSORSIUM MIKROBA *INDIGENOUS* DAN
MIKROALGA *Chlorella sp.* DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KECAP
MENGGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR)


Disusun oleh:

ZUHRIA OKTAVIANI
NPM. 20034010022


Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 05 November 2024

TIM PENILAI

KETUA


Dr. Ir. Munawar Ali, M.T.
NIP. 19600401 198803 1 001

ANGGOTA


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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zuhria Oktaviani
NPM : 20034010022
Fakultas : Teknik dan Sains
Program Studi : Teknik Lingkungan
Email : zuhriaoktaviaa@gmail.com
Judul Skripsi : Konsorsium Mikroba *Indigenous* dan Mikroalga *Chlorella sp.* dalam Pengolahan Air Limbah Industri Kecap Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR)

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 dari 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 dan 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 yang ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 05 November 2024



(Zuhria Oktaviani)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Konsorsium Mikroba *Indigenous* dan Mikroalga *Chlorella sp.* dalam Pengolahan Air Limbah Industri Kecap Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR)” dengan baik. Tugas akhir adalah salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memenuhi persyaratan kelulusan program studi Teknik Lingkungan Strata 1 di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Proses penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan setiap saat sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan tugas akhir tepat waktu. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT., IPU selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
5. Teristimewa, Ayah Mustofa yang selalu memberikan kepercayaan terhadap jalan yang penulis tempuh, menyayangi dan merawat penulis setulus hati, serta tidak pernah lelah berjuang demi membantu mewujudkan cita-cita penulis hingga penulis mampu berada di titik ini. Terima kasih tak terhingga penulis ucapkan kepada Ayah penulis, semoga kelak penulis dapat membalas pengorbanan yang telah engkau berikan.
6. Terkasih dan tersayang, Mama Sulistyawati yang selalu ikhlas mendoakan dan menguatkan penulis di setiap situasi apapun yang sedang penulis hadapi

dan lalui selama perkuliahan. Terima kasih penulis ucapkan kepada Mama yang selalu bersedia menjadi teman bercerita keluh kesah yang penulis alami dan selalu menjadi orang pertama yang peduli akan kesehatan fisik dan mental penulis selama ini. Terima kasih penulis ucapkan tak terhingga untuk Mama terbaik yang selalu memberikan dorongan, dukungan, nasihat, dan motivasi untuk penulis. Semoga penulis kelak juga dapat membalas pengorbanan yang telah diberikan oleh Mama penulis.

7. Kedua orang tua, terima kasih telah menjadi orang tua yang selalu mengusahakan segala sesuatu yang terbaik untuk penulis. Semoga jalan ini menjadi pintu awal untuk mewujudkan salah satu cita-cita terbesar penulis yaitu dapat mengangkat derajat kedua orang tua. Aamiin.
8. Seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
9. M. Ardiansyah Dwi Tama yang selalu sabar menemani, memberikan saran masukan, serta membantu dalam hal kesulitan apapun yang penulis hadapi selama penyusunan laporan ini.

Surabaya, 05 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Produksi Kecap	5
2.1.2 Air Limbah Industri Kecap	7
2.1.3 Karakteristik Air Limbah Industri Kecap	7
2.1.4 Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	11
2.1.5 Bakteri <i>Indigenous</i>	13
2.1 Landasan Teori	14
2.2.1 Proses Pengolahan Secara Biologis	14
2.2.2 <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR)	17
2.2.3 Jenis Media Kaldness	19
2.2.4 Fase Pertumbuhan Mikroalga	20
2.2.5 Fase Pertumbuhan Mikroorganisme	21
2.2.6 Mekanisme Pembentukan Mikroalga	22
2.3 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Kerangka Penelitian	26
3.2 Bahan dan Peralatan.....	27

3.2.1 Bahan	27
3.2.2 Peralatan	28
3.3 Prosedur Kerja	28
3.3.1 Tahap Persiapan	28
3.3.2 Kultur Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	29
3.3.3 Proses <i>Seeding</i>	30
3.3.4 Proses Aklimatisasi	33
3.3.5 Penelitian Utama	34
3.4 Variabel Penelitian	36
3.5 Analisis	36
3.6 Jadwal Kegiatan	38
3.7 Analisis Hasil	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Kemampuan <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR) Konsorsium Mikroba <i>Indigenous</i> dan Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Dalam Mengolah Air Limbah Kecap	39
4.2 Pengaruh Waktu Sampling dan Volume Isian Media Terbaik Pada <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> Konsorsium Mikroba <i>Indigenous</i> dan Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Dalam Mengolah Air Limbah Kecap	41
4.2.1 Penyisihan BOD ₅	42
4.2.2 Penyisihan COD	44
4.2.3 Penyisihan TSS	46
4.2.4 Penyisihan Total Nitrogen	48
4.2.5 Penyisihan Total Fosfat (PO ₄)	50
4.3 Pengaruh Proses <i>Anoxic-Oxic</i> Terhadap Penyisihan Parameter Warna Air Limbah Kecap Pada <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR)	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Air Limbah Industri Kecap	7
Tabel 2.2 Kriteria Desain MBBR.....	18
Tabel 2.3 Tipikal Parameter Desain Proses MBBR	18
Tabel 2.4 Tipikal Parameter Operasi MBBR	18
Tabel 2.5 Spesifikasi Media Kaldness K1, K2, K3, dan K5	20
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Industri Kecap Berdasarkan Baku Mutu Air Limbah Peraturan Menteri Nomor 5 Tahun 2014	29
Tabel 3.2 Kerapatan Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Tahap Kultur	30
Tabel 3.3 Penurunan Kandungan COD Berdasarkan Konsentrasi Air Limbah	33
Tabel 3.4 Matriks Penelitian	36
Tabel 3.5 Jadwal Kegiatan	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Proses Pembuatan Kecap	6
Gambar 2.2 Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	12
Gambar 2.3 (a) Proses <i>Anoxic</i> (b) Proses <i>Oxic/Aerobik</i>	17
Gambar 2.4 Pembentukan Biofilm pada Media Kaldness K1	20
Gambar 2.5 Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	21
Gambar 2.6 Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	22
Gambar 2.7 Adhesi Awal Berupa Kontak Media (Substratum) dengan Mikroalga.....	23
Gambar 2.8 Mikroalga dan Bakteri Penebalan Biofilm pada Media	23
Gambar 2.9 Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Secara Mikroskopis dan Pembentukan Biofilm pada Media Kaldness K1	23
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 (a) Pembentukan Biofilm Mikroba <i>Indigenous</i> (b) Pembentukan Biofilm Konsorsium Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	31
Gambar 3.3 Grafik Nilai MLSS dan MLVSS Pada Tahap <i>Seeding</i>	32
Gambar 3.4 Skenario Reaktor MBBR Proses Kontinyu (<i>Continue</i>)	35

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A HASIL ANALISIS/PENGUKURAN	64
A.1 Data Proses Kultur Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	64
A.2 Data MLSS dan MLVSS Proses <i>Seeding</i>	64
A.3 Data pH dan Suhu Selama Proses <i>Seeding</i>	64
A.4 Data Proses Aklimatisasi Penurunan COD	65
A.5 Data pH dan Suhu Proses Aklimatisasi	66
A.6 Data Penelitian Utama Penyisihan BOD ₅	66
A.7 Data Penelitian Utama Penyisihan COD.....	68
A.8 Data Penelitian Utama Penyisihan TSS	70
A.9 Data Penelitian Utama Penyisihan Total Nitrogen (TN).....	72
A.10 Data Penelitian Utama Penyisihan Total Fosfat (TP).....	74
A.11 Data Penelitian Utama Penyisihan Warna	75
A.12 Data pH, Suhu, dan DO Penelitian Utama	76
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR KERJA.....	77
B.1 Perhitungan Debit Air Limbah.	77
B.2 Perhitungan Kebutuhan Oksigen (O ₂) Reaktor <i>Oxic</i>	81
B.3 Langkah Kerja Perhitungan Jumlah Isian Media Kaldness K1	85
B.4 Prosedur Kerja Analisa BOD ₅	86
B.5 Prosedur Kerja Analisa COD.....	87
B.6 Prosedur Kerja Analisa TSS, MLSS, dan MLVSS	87
B.7 Prosedur Kerja Analisa Total Nitrogen.....	89
B.8 Prosedur Kerja Analisa Total Fosfat	90
B.9 Prosedur Kerja Analisa Warna.....	90
B.10 Perhitungan Jumlah Sel Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	91
B.11 Perhitungan Komposisi Nutrien	92
LAMPIRAN C DOKUMENTASI	93
LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG	97

ABSTRAK

**KONSORSIUM MIKROBA *INDIGENOUS* DAN
MIKROALGA *Chlorella sp.* DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KECAP
MENGUNAKAN *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR)**

ZUHRIA OKTAVIANI
NPM. 20034010022

Industri kecap menghasilkan limbah cair dengan kandungan polutan tinggi yang berpotensi mencemari lingkungan. Alternatif pengolahan menggunakan MBBR secara *anoxic-oxic* dengan memanfaatkan konsorsium mikroba *indigenous* dan mikroalga *Chlorella sp.* Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan jenis mikroorganisme terhadap penyisihan polutan air limbah kecap. Reaktor MBBR dioperasikan dengan variasi isian media Kaldness 1 sebanyak 20%, 40%, 60% dan variasi waktu sampling selama 14 jam, 26 jam, dan 38 jam secara kontinyu. Hasil penelitian didapatkan kemampuan mikroba *indigenous* air limbah kecap lebih efektif dibandingkan kemampuan konsorsium mikroalga *Chlorella sp.* Hasil terbaik pada mikroba *indigenous* dengan kadar BOD₅, COD, Total Nitrogen, Total Fosfat sebesar 86,76%; 88,24%; 82,76%; 79,25% pada waktu sampling 38 jam dan volume isian media 40%, serta TSS sebesar 82,76% waktu sampling 26 jam dan volume isian media 20%. Penurunan terbaik konsorsium mikroalga *Chlorella sp.*, kadar BOD₅, COD, Total Nitrogen, Total Fosfat sebesar 71,54%, 74%, 71,89%, 73,7% pada waktu sampling 38 jam dan volume isian media 20%, serta TSS sebesar 79,41% waktu sampling 14 jam dan volume isian media 20%. Penurunan terbaik penyisihan warna pada *anoxic* sebesar 95,34%, *oxic indigenous* sebesar 88,87%, *oxic* konsorsium mikroalga *Chlorella sp.* sebesar 86,39% pada waktu sampling 38 jam.

Kata kunci: air limbah kecap, mikroba *indigenous*, mikroalga *Chlorella sp.*, MBBR, isian media, waktu sampling

ABSTRACT

**INDIGENOUS MICROBIAL CONSORTIUM AND
Chlorella sp. MICROALGAE IN THE TREATMENT
OF SOY SAUCE INDUSTRY WASTEWATER
USING MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)**

**ZUHRIA OKTAVIANI
NPM. 20034010022**

The Soy Sauce Industry Produces Liquid Waste with High Pollutant Content, Potentially Polluting the Environment. An Alternative Treatment Using MBBR in an Anoxic-Oxic System Utilizing Indigenous Microbial Consortium and Chlorella sp. Microalgae. This Study Aims to Determine the Effectiveness of Different Types of Microorganisms in Removing Pollutants from Soy Sauce Wastewater. The MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) was operated with Kaldness 1 media fill variations of 20%, 40%, and 60% and sampling time variations of 14, 26, and 38 hours in continuous operation. The study found that indigenous microbes in soy sauce wastewater were more effective than the Chlorella sp. microalgal consortium. The best results with indigenous microbes showed BOD₅, COD, Total Nitrogen, and Total Phosphate removal rates of 86.76%, 88.24%, 82.76%, and 79.25%, respectively, at a sampling time of 38 hours and a 40% media fill volume. For TSS, the best removal rate was 82.76% at a sampling time of 26 hours and a 20% media fill volume. For the Chlorella sp. microalgal consortium, the best reductions in BOD₅, COD, Total Nitrogen, and Total Phosphate were 71.54%, 74%, 71.89%, and 73.7%, respectively, at a sampling time of 38 hours and a 20% media fill volume, with TSS reduction at 79.41% at a sampling time of 14 hours and a 20% media fill volume. The best color removal rates were achieved in the anoxic stage at 95.34%, in the oxic stage with indigenous microbes at 88.87%, and with the Chlorella sp. microalgal consortium in the oxic stage at 86.39% at a sampling time of 38 hours.

Keywords: *soy sauce wastewater, indigenous microbes, Chlorella sp. microalgae, MBBR, media fill, sampling time*