

**OPTIMASI FOTOPERIODE MIKROALGA
PADA *ROTARY BIOLOGICAL CONTACTOR*
TERHADAP PRODUKSI BIOMASSA
DAN LIPID MENGGUNAKAN
LIMBAH DOMESTIK**

SKRIPSI



Oleh :

EXCEL MULIA PUTRAJAYA HARTONO

NPM 21034010106

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

2026

**OPTIMASI FOTOPERIODE MIKROALGA
PADA *ROTARY BIOLOGICAL CONTACTOR*
TERHADAP PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID
MENGUNAKAN LIMBAH DOMESTIK**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

EXCEL MULIA PUTRAJAYA HARTONO

NPM 21034010106

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI FOTOPERIODE MIKROALGA PADA *ROTARY BIOLOGICAL CONTACTOR* TERHADAP PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID MENGUNAKAN LIMBAH DOMESTIK

Disusun Oleh:

Excel Mulia Putrajaya Hartono
NPM 21034010106

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Dr. Okik Hendrivanto C, S.T., M.T.
NPT. 19750717 202121 1 007


M.A.S Jawwad, S.T., MSc.
NIP. 19940727 202406 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
OPTIMASI FOTOPERIODE MIKROALGA
PADA *ROTARY BIOLOGICAL CONTACTOR*
TERHADAP PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID
MENGGUNAKAN LIMBAH DOMESTIK

Disusun Oleh:

Excel Mulia Putrajaya Hartono
NPM 21034010106

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan Jurnal Spizaetus

Menyetujui,

Pembimbing 1


Dr. Olik Hendrivanto C., S.T., M.T.
NPT. 19750717 202121 1 007

Pembimbing 2


M.A.S. Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP. 19940727 202406 1 001

TIM PENGUJI

1. Ketua


Mohammad Mirwan, S.T., M.T.
NIP. 19760212 202121 1 004

2. Anggota


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

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

**OPTIMASI FOTOPERIODE MIKROALGA
PADA *ROTARY BIOLOGICAL CONTACTOR*
TERHADAP PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID
MENGUNAKAN LIMBAH DOMESTIK**

Disusun Oleh:

Excel Mulia Putrajaya Hartono
NPM 21034010106

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 16 Juli 2026

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Mohammad Mirwan, S.T., M.T
NIP. 19760212 202121 1 004


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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Excel Mulia Putrajaya Hartono

NPM : 21034010106

Program : Sarjana (S1)

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 ditemuan 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, 22 Juli 2026

Yang Membuat Pernyataan


A yellow rectangular stamp is placed over the signature. It features the text '10000' in large bold digits, the Garuda Pancasila emblem, and the words 'MEVUJAN TEMPER' below it. At the bottom of the stamp, the alphanumeric code '89904AOX095594138' is printed.

Excel Mulia Putrajaya Hartono

NPM. 21034010106

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas besar yang berjudul “Optimasi Fotoperiode Mikroalga Pada *Rotary Biological Contactor* Terhadap Produksi Biomassa dan Lipid Menggunakan Limbah Domestik” ini dengan baik. Dalam penyusunan laporan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T. selaku koordinator Progdil Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Dr. Okik Hendiyanto Cahyonugroho, S.T, M.T dan Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, dan ilmu yang diberikan dalam setiap proses bimbingan kami.
4. Orang Tua dan keluarga yang selalu ikhlas mendoakan anaknya dalam setiap doa yang dipanjatkan yang telah banyak membantu kami dalam penyelesaian laporan ini.
5. Teman-teman satu dosen pembimbing dan teman-teman angkatan 2021 yang telah banyak membantu dalam penyelesaian proposal ini.
6. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, semoga segala kebaikan dan jasanya dibalas oleh Tuhan Yang Maha Esa

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 26 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mikroalga.....	5
2.1.1 Klasifikasi Mikroalga	7
2.1.2 Mikroalga Chlorella Vulgaris.....	10
2.1.3 Mikroalga Nannochloropsis Oculata	11
2.1.4 Laju Pertumbuhan Mikroalga.....	13
2.1.5 Faktor Pertumbuhan Mikroalga.....	14
2.2 Fotosintesis	15
2.2.1 Fotoperiode	16
2.3 Rotary Biological Contactor	17
2.4 Air Limbah.....	19
2.4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik	19
2.4.2 Parameter yang Diturunkan Pada Air Limbah Domestik	21
2.5 Mikroalga sebagai Bioremediasi	21
2.6 Mikroalga sebagai Produksi Biomassa	22
2.7 Mikroalga sebagai Produksi Lipid	23
2.8 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Kerangka Penelitian.....	28
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	28

3.1.2	Diagram alir Proses	30
3.2	Bahan dan Alat	31
3.2.1	Bahan	31
3.2.2	Alat	31
3.3	Rancangan Reaktor.....	32
3.4	Cara Kerja	36
3.4.1	Tahapan Persiapan.....	36
3.4.2	Proses Kultivasi, <i>Seeding</i> , dan Aklimatisasi	36
3.4.3	Pengolahan Rotary Biological Contactor (RBC)	38
3.4.4	Pengolahan Lanjutan Ekstraksi Lipid	38
3.5	Variabel Penelitian	39
3.6	Analisis Hasil	39
3.6.1	Metode Pengujian Kadar Lipid	40
3.6.2	Metode Pengujian Biomassa	40
3.6.3	Metode Pengujian COD	41
3.6.4	Metode Pengujian Amonia.....	41
3.6.5	Metode Pengujian Jumlah Sel	41
3.6.6	Metode Pengujian Suhu	41
3.7	Analisa Data.....	42
3.7.1	Analisa Deskriptif.....	42
3.7.2	Principal Component Analysis (PCA).....	42
BAB 4	PEMBAHASAN	44
4.1	Penelitian Pendahuluan.....	44
4.1.1	8Karakteristik Air Limbah	44
4.1.2	Seeding Mikroalga.....	44
4.1.3	Aklimatisasi Mikroalga.....	47
4.2	Pengaruh Variasi Fotoperiode terhadap Produksi Biomassa Akhir	49
4.2.1	Pengaruh Fotoperiode terhadap Biomassa pada Sistem <i>Batch</i>	49
4.2.2	Pengaruh Fotoperiode terhadap Biomassa pada Sistem <i>Semi continue</i> 51	
4.2.3	Perbandingan Biomassa Akhir Antara Sistem <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i> 54	
4.3	Hubungan Produksi Biomassa terhadap Penyisihan COD dan Amonia	55

4.3.1	Penyisihan COD dan Amonia pada Sistem <i>Batch</i>	55
4.3.2	Penyisihan COD dan Amonia pada Sistem <i>Semi continue</i>	60
4.3.3	Perbandingan Penyisihan COD dan Amonia Pada Sistem <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i>	66
4.4	Pengaruh Variasi Fotoperiode, Penyisihan COD dan Amonia terhadap Kadar Lipid Akhir	72
4.4.1	Pengaruh Fotoperiode terhadap Kadar Lipid pada Sistem <i>Batch</i>	72
4.4.2	Pengaruh Fotoperiode terhadap Kadar Lipid pada Sistem <i>Semi continue</i>	75
4.4.3	Perbandingan Kadar Lipid Akhir Antara Sistem <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i>	77
4.5	Uji Statistik Analisis Komponen Utama.....	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA.....		87
LAMPIRAN A.....		95
LAMPIRAN B		98
LAMPIRAN C		103
LAMPIRAN D.....		112

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	24
Tabel 3 . 1 Matriks Penelitian Biomassa dan Kadar Lipid	35
Tabel 3 . 2 Matriks Penelitian Penyisihan COD dan Amonia.....	35
Tabel 3 . 3 Metode Pengujian.....	39
Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Air Limbah Domestik.....	44
Tabel 4. 2 Hasil Uji Biomassa Kering Mikroalga Reaktor Batch	49
Tabel 4. 3 Hasil Uji Biomassa Kering Reaktor Semi continue	52
Tabel 4. 4 Hasil Uji Biomassa Kering Biomassa Reaktor Batch	55
Tabel 4. 5 Hasil Uji Penyisihan COD Reaktor Batch.....	56
Tabel 4. 6 Hasil Uji Penyisihan Amonia Reaktor Batch.....	58
Tabel 4. 7 Hasil Uji Biomassa Keirng Reaktor Semi continue	60
Tabel 4. 8 Hasil Uji Penyisihan COD Reaktor Semi continue.....	61
Tabel 4. 9 Hasil Uji Penyisihan Amonia Reaktor Semi continue	63
Tabel 4. 10 Persentase Penyisihan COD Reaktor <i>Semi Continue</i>	67
Tabel 4. 11 Persentase Penyisihan COD Reaktor <i>Batch</i>	68
Tabel 4. 12 Persentase Penyisihan Amonia Reaktor <i>Semi Continue</i>	70
Tabel 4. 13 Persentase Penyisihan Amonia Reaktor <i>Batch</i>	71
Tabel 4. 14 Hasil Uji Persentase Lipid Reaktor Batch	73
Tabel 4. 15 Hasil Uji Persentase Lipid Reaktor Semi continue	75
Tabel 4. 16 Nilai <i>Eigenvalue</i> PCA	79
Tabel 4. 17 Kontribusi Parameter Kedua Komponen Utama.....	79
Tabel 4. 18 Nilai <i>Squared Cosines of Variables</i> PCA.....	80
Tabel 4. 19 Nilai <i>Squared Cosines of Object</i> PCA.....	80
Tabel 4. 20 Representasi Karakteristik Reaktor Berdasarkan Nilai F	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 . 1 Struktur Sel Mikroalga	5
Gambar 2 . 2 Mekanisme dan Produk Mikroalga.....	6
Gambar 2 . 3 Bentuk Alga <i>Chlorella Vulgaris</i>	11
Gambar 2 . 4 Bentuk Alga <i>Nannochloropsis Oculata</i>	12
Gambar 2 . 5 Gambar Laju Pertumbuhan Mikroalga	13
Gambar 2 . 6 Proses Fotosintesis Mikroalga	16
Gambar 2 . 7 Mekanisme Rotary Biological Contactor.....	17
Gambar 2 . 8 <i>Rotary Biological Contactor</i>	18
Gambar 3. 1 Layout Rancangan RBC.....	33
Gambar 3. 2 Dimensi Reaktor RBC	33
Gambar 3. 3 Dimensi Potongan Reaktor RBC	34
Gambar 3. 4 Layout dan Potongan Reaktor RBC	34
Gambar 4. 1 Perubahan Warna Mikroalga Fase Seeding	45
Gambar 4. 2 Kelimpahan Sel Mikroalga Proses Seeding	45
Gambar 4. 3 Kelimpahan Sel Mikroalga Proses Aklimatisasi	48
Gambar 4. 4 Hasil Biomassa <i>Batch Nannochloropsis Oculata</i>	50
Gambar 4. 5 Hasil Biomassa <i>Batch Chlorella Vulgaris</i>	50
Gambar 4. 6 Hasil Biomassa <i>Semi Continue Nannochloropsis Oculata</i>	52
Gambar 4. 7 Hasil Biomassa <i>Semi Continue Chlorella Vulgaris</i>	53
Gambar 4. 8 Perbandingan Biomassa Hari ke-8 <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i>	54
Gambar 4. 9 Penyisihan COD <i>Batch Nannochloropsis Oculata</i>	56
Gambar 4. 10 Penyisihan COD <i>Batch Chlorella Vulgaris</i>	57
Gambar 4. 11 Penyisihan Amonia <i>Batch Nannochloropsis Oculata</i>	58
Gambar 4. 12 Penyisihan Amonia <i>Batch Chlorella Vulgaris</i>	59
Gambar 4. 13 Penyisihan COD <i>Semi Continue Nannochloropsis Oculata</i>	61
Gambar 4. 14 Penyisihan COD <i>Semi Continue Chlorella Vulgaris</i>	62
Gambar 4. 15 Penyisihan Amonia <i>Semi Continue Nannochloropsis Oculata</i>	63
Gambar 4. 16 Penyisihan Amonia <i>Semi Continue Chlorella Vulgaris</i>	64
Gambar 4. 17 Perbandingan Penyisihan COD Hari ke-8 <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i>	66
Gambar 4. 18 Perbandingan Penyisihan Amonia Hari ke-8 <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i>	69
Gambar 4. 19 Persentase Lipid <i>Batch Nannochloropsis Oculata</i>	73
Gambar 4. 20 Persentase Lipid <i>Batch Nannochloropsis Oculata</i>	74
Gambar 4. 21 Persentase Lipid <i>Semi Continue Nannochloropsis Oculata</i>	76
Gambar 4. 22 Persentase Lipid <i>Semi Continue Chlorella Vulgaris</i>	76
Gambar 4. 23 Perbandingan Persentase Lipid Hari ke-8 <i>Batch</i> dan <i>Semi continue</i>	77
Gambar 4. 24 Grafik Biplot F1 dan F2 Pengujian PCA	82

ABSTRAK

Limbah domestik yang tidak diolah dapat menurunkan kualitas badan air akibat kandungan senyawa organik dan nitrogen yang tinggi. Mikroalga menawarkan solusi ganda sebagai agen bioremediasi sekaligus penghasil biomassa dan lipid yang berpotensi sebagai bahan baku bioenergi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi fotoperiode terhadap produksi biomassa *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis oculata*, efisiensi penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan amonia, serta kadar lipid pada reaktor *Rotary Biological Contactor* (RBC) berbasis limbah domestik. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium selama delapan hari dengan tiga variasi fotoperiode, yaitu FP1 (15:9), FP2 (12:12), dan FP3 (9:15) jam terang:gelap, pada sistem *batch* dan *semi-continue*. Parameter biomassa, kadar lipid, COD, dan amonia dianalisis secara gravimetri dan spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fotoperiode 15:9 pada sistem *batch* menghasilkan biomassa tertinggi sebesar 1,53 gram serta penyisihan amonia terbaik sebesar 81%, sementara fotoperiode 12:12 pada sistem *batch* menghasilkan penyisihan COD tertinggi sebesar 77,9% dan kadar lipid tertinggi sebesar 40,06%. Penelitian ini membuktikan bahwa optimasi fotoperiode pada reaktor RBC berbasis mikroalga mampu meningkatkan efektivitas pengolahan limbah domestik sekaligus produktivitas biomassa dan lipid, sehingga dapat menjadi acuan pengembangan teknologi pengolahan limbah berkelanjutan yang terintegrasi dengan produksi bioenergi.

Kata Kunci : Fotoperiode, Mikroalga, *Rotary Biological Contactor*, Biomassa, Lipid, Limbah Domestik

ABSTRACT

Untreated domestic wastewater can degrade water quality due to its high organic compound and nitrogen content. Microalgae offer a dual solution as bioremediation agents and producers of biomass and lipids with potential as bioenergy feedstock. This study aims to analyze the effect of photoperiod variation on the biomass production of *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis oculata*, the removal efficiency of Chemical Oxygen Demand (COD) and ammonia, and the lipid content in a domestic wastewater-based Rotary Biological Contactor (RBC). The study was conducted at laboratory scale for eight days using three photoperiod variations, FP1 (15:9), FP2 (12:12), and FP3 (9:15) light:dark hours, under batch and semi-continuous systems. Biomass, lipid content, COD, and ammonia were analyzed gravimetrically and spectrophotometrically. Results showed that the 15:9 photoperiod under the batch system produced the highest biomass at 1.53 grams and the best ammonia removal at 81%, while the 12:12 photoperiod under the batch system achieved the highest COD removal at 77.9% and the highest lipid content at 40.06%. This study demonstrates that photoperiod optimization in a microalgae-based RBC reactor can simultaneously enhance the effectiveness of domestic wastewater treatment and biomass/lipid productivity, providing a reference for the development of sustainable wastewater treatment technology integrated with bioenergy production.

Kata Kunci : *Photoperiod, Microalgae, Rotary Biological Contactor, Biomass, Lipid, Domestic Wastewater*