

**EFEKTIVITAS *BIOCARRIER FOAM*
TERIMOBILISASI *BACILLUS SP.* DENGAN
TEKNOLOGI *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(*MBBR*) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH *LAUNDRY***

SKRIPSI



Oleh :

REGINA GRASIA PERANGIN ANGIN
NPM 22034010012

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

**EFEKTIFITAS *BIOCARRIER FOAM*
TERIMOBILISASI *BACILLUS* SP. DENGAN
TEKNOLOGI *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH *LAUNDRY***

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

REGINA GRASIA PERANGIN ANGIN

NPM: 22034010012

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

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

2026

LEMBAR PERSETUJUAN
EFEKTIVITAS *BIOCARRIER FOAM*
TERIMOBILISASI *BACILLUS SP.* DENGAN
TEKNOLOGI *MOVING BED BIOFILM REACTOR*
(MBBR) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH *LAUNDRY*

Disusun Oleh :



Regina Grasia Perangin Angin
NPM. 22034010012

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing



Aussie Amalia, ST., MSc.
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 PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS *BIOCARRIER FOAM* TERIMOBILISASI
BACILLUS SP. DENGAN TEKNOLOGI *MOVING BED*
BIOFILM REACTOR (MBBR) DALAM PENGOLAHAN
LIMBAH *LAUNDRY***

Disusun Oleh:



Regina Grasia Perangin Angin

NPM. 22034010012

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada
Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kealaman Buana Sains (Terakreditasi Sinta 4)**

Menyetujui,

Pembimbing

Aussie Amalia, ST., MSc.

NPT. 172 1992 1124 059

TIM PENGUJI

1. Ketua

Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, ST., MSc.

NIP. 19890106 202406 2002

2. Anggota

Praditya S. Ardisty Sitogasa, ST., MT.

NIP. 19901091 202406 2001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarimah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**EFEKTIVITAS *BIOCARRIER FOAM*
TERIMOBILISASI *BACILLUS* SP. DENGAN
TEKNOLOGI *MOVING BED BIOFILM*
REACTOR (MBBR) DALAM PENGOLAHAN
LIMBAH LAUNDRY**

Disusun Oleh :



Regina Grasia Perangin Angin
NPM: 22034010012

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 27 Agustus 2026

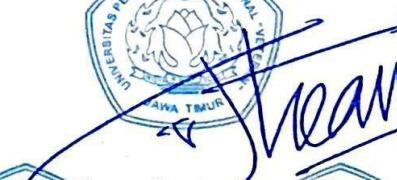
TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA



Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, ST., MSc.
NIP. 19890106 202406 2002



Praditya S. Ardisty Sitogasa, ST., MT
NIP. 19901001 202406 2001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Regina Grasia Perangin Angin
NPM : 22034010012
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dokumen skripsi ini sepenuhnya bebas dari materi karya ilmiah yang pernah diajukan untuk meraih gelar akademik di institusi mana pun. Tidak ada karya atau pendapat pihak lain yang diklaim sebagai milik saya, semua rujukan telah disitasi dengan benar sesuai kaidah penulisan ilmiah dan tercantum pada daftar pustaka.

Dengan demikian, saya menjamin orisinalitas karya ini dan sepenuhnya bebas dari tindakan plagiat. Jika di kemudian hari ditemukan bukti yang bertentangan dengan pernyataan ini, saya siap menerima sanksi akademik maupun hukum yang berlaku.

Surat pernyataan ini disusun secara jujur dan tanpa paksaan dari siapa pun, untuk digunakan sesuai dengan keperluannya.

Surabaya, 27 Agustus 2026

Yang Membuat Pernyataan



Regina Grasia Perangin Angin

22034010012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan akhir skripsi dengan judul **“Efektifitas *Biocarrier Foam* Terimobilisasi *Bacillus* sp. dengan Teknologi *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dalam Pengolahan Limbah *Laundry*”** dengan baik dan tepat waktu. Selama penyusunan skripsi ini, penyusun telah banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan kali ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar besarnya 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, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Aussie Amalia, ST., MSc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan serta bimbingan juga kritik maupun saran dalam penyusunan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan sehingga menjadi bekal penulis dalam proses menyelesaikan skripsi.
5. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, motivasi, serta dukungan baik moril maupun materi.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2022 yang senantiasa membantu dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
7. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, semoga segala kebaikan dan jasanya dibalas oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis telah berusaha memberikan yang terbaik dalam penyelesaian skripsi ini namun apabila terdapat kesalahan, penulis berharap hal ini dapat menjadi perbaikan di masa datang. Semoga laporan akhir skripsi ini bisa memberikan

manfaat bagi penulis, pembaca lainnya dan Universitas khususnya program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 28 Agustus 2026

Regina Grasia Perangin Angin

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Limbah <i>Laundry</i>	5
2.1.2 Baku Mutu Limbah.....	7
2.1.3 Parameter Pencemar Limbah <i>Laundry</i>	7
2.1.3.1 Surfaktan.....	7
2.1.3.2 Fosfat	9
2.1.3.3 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	10
2.1.4 <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR).....	11
2.1.5 <i>Biocarrier</i>	14
2.1.6 <i>Bacillus</i> sp.	16
2.1.7 Alginat Natrium.....	17
2.1.8 SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	17
2.1.9 Pengukuran Biomassa	18
2.2 Landasan Teori.....	19
2.2.1 Mekanisme Pembentukan Biofilm pada Sistem MBBR	19
2.2.2 Teori kinetika Degradasi pada sistem Biofilm	20

2.2.3 Mekanisme Degradasi Surfaktan oleh <i>Bacillus</i> sp.	20
2.2.4 Peran Imobilisasi <i>Bacillus</i> sp. pada Media PUFF	21
2.2.5 Hubungan Variabel Operasional MBBR.....	21
2.2.6 Mekanisme Penurunan BOD, Surfaktan, dan Fosfat.....	22
2.3 Hasil Penelitian Sebelumnya	22
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1 Kerangka Penelitian	28
3.2 Bahan dan Alat.....	30
3.2.1 Bahan	30
3.2.2 Alat	31
3.3 Cara Kerja	31
3.3.1 Pembuatan Reaktor.....	31
3.3.2 Pembuatan Media dan Imobilisasi.....	32
3.3.3 Proses <i>Seeding</i>	33
3.3.4 Proses Aklimatisasi	33
3.3.5 Proses <i>Steady State</i>	34
3.4 Variabel.....	34
3.4.1 Variabel Bebas.....	34
3.4.2 Variabel Tetap	34
3.4.3 Variabel Terikat.....	35
3.4.4 Variabel Terkontrol	35
3.5 Metode Analisis	35
3.5.1 Analisis Statistika	35
3.6 Jadwal Kegiatan	35
3.7 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Penelitian.....	36
3.8 Matriks Penelitian	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Karakteristik Awal Air Limbah Laundry Excelso	39
4.2 Tahap Penelitian.....	40
4.2.1 <i>Seeding</i>	40
4.2.2 Aklimatisasi.....	45

4.2.3 <i>Steady State (Running)</i>	49
4.3 Efektivitas Reaktor MBBR Dalam Penyisihan Parameter Surfaktan, Fosfat dan BOD	53
4.4 Pengaruh Dosis <i>Bacillus</i> sp. dan <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) Terhadap Penyisihan Parameter Surfaktan, Fosfat dan BOD	56
4.4.1 Imobilisasi <i>Bacillus</i> sp. Terhadap Penyisihan Parameter Surfaktan	57
4.4.2 Imobilisasi <i>Bacillus</i> sp. Terhadap Penyisihan Parameter Fosfat...	61
4.4.3 Imobilisasi <i>Bacillus</i> sp. Terhadap Penyisihan Parameter <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	65
4.5 Karakteristik <i>Biofilm</i> Pada Media Yang Terimobilisasi <i>Bacillus</i> Sp.....	69
4.5.1 Karakteristik Media <i>Polyurethane Foam</i> (PUF) Terimobilisasi <i>Bacillus</i> sp	69
4.5.2 Hasil Imobilisasi <i>Bacillus</i> sp. Pada Media <i>Polyurethane Foam</i> (PUF).....	72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS.....	86
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR ANALISIS	89
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Laundry	7
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	25
Tabel 3.1 Metode Analisis Penelitian.....	35
Tabel 3.2 <i>Timeline</i> Kegiatan Penelitian	35
Tabel 3.3 Rancangan Anggaran Biaya	36
Tabel 3.4 Pengaruh media PUF (<i>Polyurethane foam</i>) terhadap parameter surfaktan, fosfat dan BOD	38
Tabel 3.5 Pengaruh variasi dosis <i>Bacillus</i> Sp terhadap parameter surfaktan, fosfat dan BOD	38
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Limbah Laundry Excelso	40
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian MLSS Tahap <i>Seeding</i>	42
Tabel 4.3 Hasil Pengujian COD Tahap Aklimatisasi.....	46
Tabel 4.4 Hasil Pengecekan pH dan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	50
Tabel 4.5 Data Hasil Tahap <i>Running</i>	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sungai Kalisari, Surabaya.....	7
Gambar 2.2	Rancangan Bangunan MBBR.....	12
Gambar 2.3	<i>Polyurethane Foam</i> (PUF)	16
Gambar 2.4	Pembentukan Biofilm	20
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	29
Gambar 3.2	Rancangan Alat MBBR	32
Gambar 4.1	Titik Pengambilan Sampel Air Limbah <i>Laundry</i>	39
Gambar 4.2	Reaktor MBBR Hari-1 <i>Seeding</i>	41
Gambar 4.3	Media PUF Hari 1 (B.60 g/L, Kontrol, B.120 g/L)	41
Gambar 4.4	Grafik Pengujian MLSS Tiap Reaktor	42
Gambar 4.5	Media PUF hari ke-16 <i>Seeding</i>	44
Gambar 4.6	Dokumentasi Media PUF Hari Ke-32	44
Gambar 4.7	Reaktor MBBR Tahap <i>Running</i>	50
Gambar 4.8	Media PUF Tahap <i>Running</i>	53
Gambar 4.9	Grafik Dosis <i>Bacillus</i> sp. Terhadap Surfaktan	57
Gambar 4.10	Regresi Linear Dosis <i>Bacillus</i> sp. dan HRT Terhadap Parameter Surfaktan	59
Gambar 4.11	Uji Normalitas Parameter Surfaktan.....	60
Gambar 4.12	Grafik Dosis <i>Bacillus</i> sp. Terhadap Fosfat.....	61
Gambar 4.13	Regresi Linear Dosis <i>Bacillus</i> sp. dan HRT Terhadap Parameter Fosfat.....	63
Gambar 4.14	Uji Normalitas Parameter Fosfat	64
Gambar 4.15	Grafik Dosis <i>Bacillus</i> sp. Terhadap BOD.....	65
Gambar 4.16	Regresi Linear Dosis <i>Bacillus</i> sp. dan HRT Terhadap Parameter BOD	67
Gambar 4.17	Uji Normalitas Parameter BOD.....	69
Gambar 4.18	Hasil Uji SEM Media PUF Perbesaran 40x	72
Gambar 4.19	Hasil Uji SEM Media PUF Perbesaran 300x	72
Gambar 4.20	Hasil Uji SEM Media PUF Perbesaran 500x	72

Gambar 4.21	Hasil Uji SEM Media PUF Perbesaran 1500x	72
Gambar 4.22	Media PUF Setelah Imobilisasi	73
Gambar 4.23	Media PUF Sebelum Imobilisasi	73
Gambar 4.24	Media PUF Imobilisasi <i>Bacillus Cereus</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Hasil Analisis

LAMPIRAN B Perhitungan Dan Prosedur Analisis

LAMPIRAN C Dokumentasi Penelitian

ABSTRAK

Air limbah laundry mengandung senyawa pencemar seperti surfaktan, fosfat dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Jika kandungan tersebut langsung masuk ke badan air menyebabkan penumpukan busa sehingga difusi oksigen terhambat, terjadi eutrofikasi, oksigen terlarut menurun karena aktivitas mikroorganisme meningkat. Sehingga kandungan tersebut perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Maka penelitian ini menggunakan proses pengolahan biologis *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) skala laboratorium dan menggunakan media *Polyurethane Foam* (PUF) sebagai tempat mikroorganisme melekat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan reaktor MBBR dengan *biocarrier* PUF terimobilisasi *Bacillus* sp. dalam menyisihkan parameter surfaktan, fosfat dan BOD, mengetahui pengaruh dosis optimum *Bacillus* sp. dan *Hydraulic Retention Time* (HRT) terhadap penyisihan parameter serta menganalisis karakteristik media PUF terimobilisasi *Bacillus* sp. Variasi HRT yang digunakan yaitu 8 jam, 12 jam, 20 jam, dan 24 jam sedangkan variasi dosis *Bacillus* sp. yang digunakan 60 g/L dan 120 g/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media PUF terimobilisasi *Bacillus* sp. pada MBBR efektif menyisihkan surfaktan 100%, fosfat 99% dan BOD 81,7% karena penggunaan PUF yang memiliki struktur berpori, pengisian media 40%, suplai oksigen yang memenuhi sehingga mikroorganisme dapat berkembang dan mampu mendegradasi parameter. Dosis B.120 g dengan HRT 8 jam dengan hasil 6,14 mg/L optimum dalam menurunkan parameter surfaktan hingga 98,83%. Penurunan parameter fosfat optimum di dosis B.60 g HRT 8 jam dengan hasil 0,391 mg/L dimana keberhasilan penyisihan 99,25%. Dan BOD pada dosis 60 g HRT 24 jam yaitu 84,8 mg/L yang mampu menurunkan hingga 81,7%. Hasil pengujian SEM pori-pori media PUF tertutupi oleh biofilm dan secara fisik media telah berubah menjadi warna coklat juga permukaan bertekstur licin. Karakteristik menjelaskan bahwa pelekatan mikroorganisme pada permukaan media oleh *Extracellular Polymeric Substances* (EPS) membuat parameter dapat terdegradasi.

Kata kunci: *Bacillus* sp., imobilisasi, laundry, MBBR, *Polyurethane Foam* (PUF)

ABSTRACT

*Laundry wastewater contains pollutants such as surfactants, phosphates, and substances contributing to Biochemical Oxygen Demand (BOD). If discharged directly into water bodies, these substances cause foam accumulation hindering oxygen diffusion and lead to eutrophication and reduced dissolved oxygen levels due to increased microbial activity. Consequently, the wastewater requires treatment before environmental discharge. This study employed a laboratory scale Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) biological treatment process using Polyurethane Foam (PUF) media as a substrate for microbial attachment. The research aimed to analyze the MBBRs performance using PUF biocarriers immobilized with *Bacillus* sp. in removing surfactants, phosphates, and BOD to determine the effects of *Bacillus* sp. dosage and Hydraulic Retention Time (HRT) on removal efficiency, and to characterize the *Bacillus* sp. immobilized PUF media. The HRT variations tested were 8, 12, 20, and 24 hours, while *Bacillus* sp. dosages were 60 g/L and 120 g/L. Results demonstrated that the *Bacillus* sp. immobilized PUF media in the MBBR effectively removed 100% of surfactants, 99% of phosphates and 81,7% of BOD. This effectiveness was attributed to the porous structure of the PUF, a 40% media fill ratio, and adequate oxygen supply, which fostered microbial growth and degradation capabilities. A dosage of 120 g/L with an 8 hour HRT proved optimal for surfactant reduction, achieving a 98.83% removal rate (final concentration: 6.14 mg/L). Phosphate reduction was optimal at a dosage of 60 g/L with an 8-hour HRT, achieving a 99.25% removal rate (final concentration: 0.391 mg/L). For BOD a dosage of 60 g/L with a 24 hour HRT achieved an 81.7% reduction (final concentration: 84.8 mg/L). SEM analysis revealed that the PUF media pores were covered by biofilm, physically, the media had turned brown and developed a slippery surface texture. The characteristics indicate that the attachment of microorganisms to the media surface via Extracellular Polymeric Substances (EPS) renders the parameter degradable.*

*Keywords: *Bacillus* sp., immobilization, laundry, MBBR, Polyurethane Foam (PUF)*