

**EFEKTIVITAS SEQUENCING BATCH REACTOR DAN
KOMBINASI SOIL MIXTURE BLOCK PADA MULTI
SOIL LAYERING UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR INDUSTRI DAGING**

SKRIPSI



Oleh :

MELINDA WAHYUNI MAULIDIA

NPM 21034010003

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**EFEKTIVITAS SEQUENCING BATCH REACTOR DAN
KOMBINASI SOIL MIXTURE BLOCK PADA MULTI SOIL
LAYERING UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI DAGING**

SKRIPSI



Oleh :

MELINDA WAHYUNI MAULIDIA

NPM 21034010003

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

2025

**EFEKTIVITAS SEQUENCING BATCH REACTOR DAN
KOMBINASI SOIL MIXTURE BLOCK PADA MULTI SOIL
LAYERING UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI DAGING**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

MELINDA WAHYUNI MAULIDIA

NPM 21034010003

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

EFEKTIVITAS SEQUENCING BATCH REACTOR DAN KOMBINASI SOIL MIXTURE BLOCK PADA MULTI SOIL LAYERING UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI DAGING

Disusun Oleh:


Melinda Wahyuni Maulidia
NPM 21034010003

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,
Pembimbing


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

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Perbangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


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

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIVITAS SEQUENCING BATCH REACTOR DAN
KOMBINASI SOIL MIXTURE BLOCK PADA MULTI SOIL
LAYERING UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI DAGING

Disusun Oleh:


Melinda Wahyuni Maulidia

NPM 21034010003

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Volume X, Nomor 4, Oktober 2025

Menyetujui,

TIM PENGUJI

Pembimbing

1. Ketua


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


Raden Kokoh Harvo Putro, S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 926

2. Anggota


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

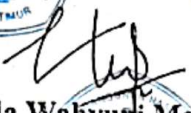
Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


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

LEMBAR REVISI

**EFEKTIVITAS SEQUENCING BATCH REACTOR DAN
KOMBINASI SOIL MIXTURE BLOCK PADA MULTI SOIL
LAYERING UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI DAGING**

Disusun Oleh:


Melinda Wahyuni Maulidia
NPM 21034010003

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 11 September 2025

TIM PENILAI

KETUA


Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

ANGGOTA


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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melinda Wahyuni Maulidia
NPM : 21034010003
Fakultas : Teknik dan Sains
Program Studi : Teknik Lingkungan
Email : melindawahyuni.14@gmail.com
Judul Skripsi/ Tugas Akhir : Efektivitas *Sequencing Batch Reactor* dan Kombinasi *Soil Mixture Block* pada *Multi Soil Layering* untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Daging

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 akhir 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 apa pun, sesuai ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 11 September 2025



(Melinda Wahyuni Maulidia)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul: “Efektivitas *Sequencing Batch Reactor* dan Kombinasi *Soil Mixture Block* pada *Multi Soil Layering* untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Daging”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Penulisan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur;
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur;
3. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku dosen pembimbing dan dosen wali yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi berlangsung;
4. Raden Kokoh Haryo P., S.T., M.T. dan Aussie Amalia, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang konstruktif untuk penyempurnaan skripsi ini.
5. Juli Winarti, S.T., selaku laboran Program Studi Teknik Lingkungan, yang telah membantu dalam proses analisis laboratorium;
6. Orang tua dan keluarga tercinta yang dengan ketulusan hati senantiasa mendoakan, memberikan dukungan moril, kasih sayang, serta semangat dan nasihat yang tak ternilai selama proses penyusunan skripsi ini;
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Lingkungan angkatan 2021, khususnya Rifki dan Khodijah yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik saya, khususnya selama masa penelitian;

8. Segenap pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama masa studi. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, 3 September 2025

Melinda Wahyuni Maulidia

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.1.1 Limbah Cair Industri Pengolahan Daging.....	5
2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Pengolahan Daging.....	6
2.1.3 Komposisi Limbah Cair Industri Pengolahan Daging	6
2.1.4 Pengolahan Limbah Secara Biologis	8
2.1.5 Proses Lumpur Aktif (<i>Aktivated Sludge</i>)	10
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR)	11
2.2.2 Karbon Aktif (Adsorben)	14
2.2.3 Karbon Aktif Tulang Ayam	14
2.2.4 Karbon Aktif Bambu.....	15
2.2.5 <i>Powdered Activated Carbon</i> (PAC).....	16
2.2.6 <i>Soil Mixture Block</i> (SMB).....	17
2.2.7 <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).....	18
2.3 Penelitian Terdahulu.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	24

3.1	Kerangka Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	27
3.2.1	Desain Reaktor	27
3.2.2	Alat Penelitian.....	28
3.2.3	Bahan Penelitian.....	29
3.3	Cara Kerja.....	30
3.3.1	<i>Seeding</i>	30
3.3.2	Aklimatisasi	31
3.3.3	Karbon Aktif	32
3.3.4	<i>Soil Mixture Block</i> (SMB).....	34
3.3.5	Proses <i>Running</i>	35
3.4	Variabel Penelitian	36
3.5	Analisis Penelitian	38
3.5.1	Analisis Parameter	38
3.5.2	Matriks Penelitian	38
3.5.3	Analisis Hasil	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Analisis Efektivitas Waktu Retensi Hidrolik (HRT) pada Unit <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	45
4.1.1	Efektivitas HRT pada SBR ditinjau dari Parameter Penelitian.....	46
4.1.2	Efektivitas HRT pada SBR ditinjau dari Parameter Kontrol	52
4.2	Analisis Pengaruh Variasi Kombinasi Campuran Tanah Andosol dalam Variasi <i>Layer</i> SMB pada Sistem MSL.....	54
4.3	Analisis Efektivitas Kombinasi Unit SBR dan MSL Berdasarkan Uji ANOVA serta Evaluasi dengan Baku Mutu	68
4.3.1	Analisis Data Statistik ANOVA <i>One Way</i> terkait Efektivitas HRT pada Unit SBR	69
4.3.2	Analisis Data Statistik ANOVA <i>Two Way</i> terkait Kombinasi Variasi SMB pada Sistem MSL.....	71
4.3.3	Efisiensi Penyisihan dari Kombinasi Dua Unit dan Evaluasi terhadap Baku Mutu.....	77

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS.....	90
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR KERJA.....	96
LAMPIRAN C DOKUMENTASI	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Daging	5
Tabel 2.2 Kriteria Skema Proses SBR.....	12
Tabel 2.3 Kriteria Desain Perencanaan Unit SBR.....	12
Tabel 2.4 Rangkuman Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3.1 Desain Reaktor <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	29
Tabel 3.2 Desain Reaktor <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).....	29
Tabel 3.3 Volume Air Limbah dan Lumpur Aktif disetiap Konsentrasi.....	31
Tabel 3.4 Pembagian Waktu HRT Unit <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	38
Tabel 3.5 Metode Uji Setiap Parameter	38
Tabel 3.6 Matriks Variabel Penelitian.....	39
Tabel 4.1 Hasil Pengolahan pada Reaktor SBR	46
Tabel 4.2 Hasil Pengolahan pada Reaktor <i>Multi Soil Layering</i> (MSL)	56
Tabel 4.3 Hasil Data ANOVA <i>One Way</i> terkait Efektivitas HRT terhadap Parameter yang Dianalisis.....	69
Tabel 4.4 Efisiensi Removal pada Unit SBR, MSL, dan Kontribusi MSL	77
Tabel A-1 Hasil Uji Awal Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Daging	90
Tabel A-2 Hasil Analisis Proses Seeding.....	90
Tabel A-3 Hasil Analisis Proses Aklimatisasi	91
Tabel A-4 Hasil Uji Parameter yang Dianalisis pada Proses <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	92
Tabel A-5 Hasil Uji Parameter Kontrol pada Proses <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR)	92
Tabel A-6 Hasil Uji Parameter yang Dianalisis pada Proses <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).....	93
Tabel A-7 Hasil Uji Parameter Kontrol pada Proses <i>Multi Soil Layering</i> (MSL)	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Lumpur Aktif.....	10
Gambar 2.2 Tahapan Proses SBR.....	11
Gambar 2.3 Analisis SEM Karbon Aktif Tulang Ayam	15
Gambar 2.4 SEM Karbon Aktif Bambu Perbesaran: 1 mikron (a) 10 mikron (b)	16
Gambar 2.5 <i>Powdered Activated Carbon</i> (PAC)	16
Gambar 3.1 Alur Kerangka Penelitian	26
Gambar 3.2 Layout Reaktor Tampak Atas: SBR (a) MSL (b).....	27
Gambar 3.3 Desain Reaktor <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	27
Gambar 3.4 Desain Reaktor <i>Multi Soil Layering</i> (MSL)	28
Gambar 4.1 Konsentrasi Parameter Analisis terhadap HRT	47
Gambar 4.2 Persentase Penyisihan Parameter terhadap HRT	48
Gambar 4.3 Kadar DO, pH, dan Suhu terhadap HRT	53
Gambar 4.4 Persentase Penyisihan Parameter Analisis terhadap Variasi Campuran SMB dengan 1 <i>Layer</i>	58
Gambar 4.5 Persentase Penyisihan Parameter Analisis terhadap Variasi Campuran SMB dengan 2 <i>Layer</i>	58
Gambar 4.6 Konsentrasi Parameter Analisis terhadap Variasi Campuran SMB dan <i>Layer</i>	59
Gambar 4.7 Persentase Penyisihan Parameter Analisis terhadap Variasi Campuran SMB dan <i>Layer</i>	60
Gambar 4.8 Kadar DO, pH, dan Suhu terhadap HRT	67
Gambar 4.9 Hasil Uji ANOVA <i>Two Way</i> terkait Variabel Bebas terhadap TSS	72
Gambar 4.10 Hasil Uji ANOVA <i>Two Way</i> terkait Variabel Bebas terhadap COD	73
Gambar 4.11 Hasil Uji ANOVA <i>Two Way</i> terkait Variabel Bebas terhadap TN	75
Gambar 4.12 Hasil Uji ANOVA <i>Two Way</i> terkait Variabel Bebas terhadap Fosfat	76

ABSTRAK

Industri pengolahan daging di Jawa Timur berperan penting dalam penyediaan protein hewani, tetapi menghasilkan limbah cair dengan kandungan pencemar tinggi, seperti COD, TSS, fosfat, dan total nitrogen (TN), yang melebihi baku mutu lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas kombinasi *Sequencing Batch Reactor* (SBR) dan *Multi Soil Layering* (MSL) dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair industri pengolahan daging. Variasi waktu retensi hidrolis (HRT) pada SBR (12, 24, dan 36 jam) serta variasi media dan jumlah lapisan pada MSL diuji untuk memperoleh konfigurasi optimal. Hasil penelitian menunjukkan HRT 36 jam pada SBR memberikan penyisihan tertinggi terhadap COD (79%), TSS (85%), TN (83%), dan fosfat (29%), akan tetapi hasilnya belum memenuhi baku mutu. Pengolahan lanjutan menggunakan MSL menghasilkan efisiensi berbeda sesuai variasi media. Kombinasi tanah andosol dengan karbon aktif tulang ayam pada dua lapisan memberikan removal tertinggi untuk COD (65%) dan TSS (64%), sedangkan TN tertinggi sebesar 44% diperoleh pada kombinasi yang sama dengan satu lapisan. Untuk fosfat, efisiensi tertinggi mencapai 88% pada kombinasi tanah andosol dengan karbon aktif bambu pada satu lapisan. Seluruh parameter setelah pengolahan terpadu memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Uji ANOVA *One Way* menunjukkan variasi HRT berpengaruh signifikan terhadap kinerja SBR, sedangkan uji ANOVA *Two Way* pada MSL menunjukkan variasi media dan jumlah lapisan tidak berpengaruh signifikan terhadap TSS dan fosfat, namun tetap efektif untuk parameter lain. Secara keseluruhan, kombinasi SBR dan MSL terbukti efektif, efisien, dan berpotensi diterapkan sebagai sistem pengolahan limbah cair industri pengolahan daging yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Air Limbah Industri Pengolahan Daging, *Sequencing Batch Reactor* (SBR), *Multi Soil Layering* (MSL).

ABSTRACT

The meat processing industry in East Java plays an important role in providing animal protein, but produces liquid waste with high pollutant content, such as COD, TSS, phosphate, and total nitrogen (TN), which exceeds environmental quality standards. This study aims to evaluate the effectiveness of the combination of Sequencing Batch Reactor (SBR) and Multi Soil Layering (MSL) in reducing pollutant levels in meat processing industry liquid waste. Variations in hydraulic retention time (HRT) in SBR (12, 24, and 36 hours) as well as variations in media and number of layers in MSL were tested to obtain the optimal configuration. The results showed that HRT 36 hours in SBR provided the highest removal of COD (79%), TSS (85%), TN (83%), and phosphate (29%), however, the results have not met quality standards. Further treatment using MSL produced different efficiencies depending on the media variation. The combination of andosol soil with chicken bone activated carbon in two layers provided the highest removal for COD (65%) and TSS (64%), while the highest TN removal of 44% was obtained in the same combination with one layer. For phosphate, the highest efficiency reached 88% in the combination of andosol soil with bamboo activated carbon in one layer. All parameters after integrated processing meet the quality standards according to the East Java Governor Regulation No. 72 of 2013. The One Way ANOVA test showed that the variation of HRT had a significant effect on the performance of SBR, while the Two Way ANOVA test on MSL showed that the variation of media and the number of layers had no significant effect on TSS and phosphate, but remained effective for other parameters. Overall, the combination of SBR and MSL proved to be effective, efficient, and has the potential to be applied as an environmentally friendly wastewater treatment system for the meat processing industry.

Keywords: Meat Processing Industry Wastewater, Sequencing Batch Reactor (SBR), Multi-Soil Layering (MSL).