

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE
MENGUNAKAN SISTEM BERTAHAP
ABR-MFCs DAN AERASI**

SKRIPSI



Oleh :

SRI UTAMI BINA WIJAYANTI

NPM 21034010140

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

2026

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE
MENGUNAKAN SISTEM BERTAHAP
ABR-MFCs DAN AERASI**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

SRI UTAMI BINA WIJAYANTI
NPM 21034010140

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

2026

LEMBAR PERSETUJUAN
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE
MENGGUNAKAN SISTEM BERTAHAP
ABR-MFCs DAN AERASI

Disusun Oleh:

Sri Utami Bina Wijayanti
NPM 21034010140

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing

Syadzadhiya Q. Z. Nisa, S.T., M.T.
NPT. 21219940930296

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
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE
MENGGUNAKAN SISTEM BERTAHAP
ABR-MECs DAN AERASI

Disusun Oleh:

Sri Utami Bina Wijayanti
NPM 21034010140

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Teknik Lingkungan UM Kendari (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

TIM PENGUJI

Pembimbing

1. Ketua

Svadzhiva O. Z. Nisa, S.T., M.T.
NPT. 21219940930296

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

2. Anggota

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

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
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE
MENGGUNAKAN SISTEM BERTAHAP
ABR-MFCs DAN AERASI

Disusun Oleh:

Sri Utami Bina Wijayanti
NPM 21034010140

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal Mei 2026

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Dr. Okik Hendriyanto C., S.T., M.T.
NIP. 19750717 202121 1 007


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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sri Utami Bina Wijayanti

NPM : 21034010140

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 ditemulan 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, 26 Mei 2026

Yang Membuat Pernyataan


36BAOX011443724
Sri Utami Bina Wijayanti
NPM. 21034010140

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas besar yang berjudul “Pengolahan Limbah Cair Tempe Menggunakan Sistem Bertahap ABR-MFCs Dan Aerasi”.

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana bagi mahasiswa program S1 pada Program studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan 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. Syadzadhiya Q. Z. Nisa, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing skripsi saya yang telah memberikan arahan masukan dan bimbingan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
4. M. Faisal Fadhil, ST. M.Sc. selaku Dosen Wali penulis selama menjadi mahasiswa Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional; “Veteran” Jawa Timur.
5. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmu selama kehidupan perkuliahan.
6. Orang tua dan keluarga besar yang senantiasa menyertai dengan doa, dukungan, maupun materi sepanjang perkuliahan, khususnya dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Justin dan Helios, kucing kesayangan penulis yang selalu hadir menemani malam-malam pengerjaan skripsi juga menjadi teman terbaik saat stres dan kehilangan semangat.
8. Semua teman baik penulis yang tak dapat disebutkan satu per satu setiap bantuan, dukungan, dan dorongan positif yang telah diberikan selama ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat tidak hanya penulis, namun bagi pembaca dan Universitas, khususnya Program Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 22 April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
ABSTRAK	viii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Lingkup Penelitian	4
BAB 2	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Industri Tempe.....	6
2.2.1 Proses Pembuatan Tempe.....	6
2.2.2 Limbah Cair Industri Tempe	7
2.2.3 Standar Baku Mutu Tempe.....	9
2.2 Parameter yang Dianalisis.....	9
2.3 Anaerobic Baffle Reactor (ABR).....	11
2.3.1 Katabolisme Bakteri Anaerob	13
2.4 Aerasi	15
2.5 Microbial Fuel Cells (MFCs).....	17
2.5.1 Proses Transfer Elektron	17
2.5.2 Peranan Jembatan Garam.....	19
2.5.3 Jenis Anoda dan Katoda	21
2.5.4 Larutan Elektrolit Pada Katoda.....	22
2.6 Pengaruh Waktu Tinggal Pada Reaktor.....	22
2.7 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	23
BAB 3	27

METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Kerangka Penelitian	27
3.2 Bahan dan Alat	29
3.2.1 Bahan.....	29
3.2.2 Alat.....	29
3.3 Cara Kerja	30
3.3.1 Tahap Pengambilan Sampel	30
3.3.2 Uji Karakteristik Air Limbah	30
3.3.3 Pembuatan Reaktor	33
3.3.4 Preparasi Elektroda	34
3.3.5 Preparasi Jembatan Garam.....	35
3.3.6 Seeding.....	35
3.3.7 Aklimatisasi	35
3.3.8 Penelitian Utama	36
3.4 Variabel	38
3.4.1 Variabel Tetap.....	38
3.4.2 Variabel Bebas.....	38
3.4.3 Variabel Terikat	38
3.5 Analisis Data	38
3.6 Jadwal Kegiatan	39
BAB 4	40
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Seeding dan Aklimatisasi	40
4.2 Penyisihan COD dan TSS Air Limbah.....	43
4.3 Pengaruh Jenis Jembatan Garam Terhadap Densitas Daya yang Dihasilkan.....	55
4.4 Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Densitas Daya yang Dihasilkan	58
BAB 5	62
KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63

LAMPIRAN A	77
LAMPIRAN B	85
LAMPIRAN C	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pembuatan Tempe	7
Gambar 2. 2 Potongan Tampak Samping Unit ABR	11
Gambar 2. 3 Alur Katabolisme Mikroba Anaerob.....	15
Gambar 2. 4 Proses Transfer Elektron.....	19
Gambar 3. 1 Reaktor Tampak Samping.....	34
Gambar 3. 2 Denah Reaktor	34
Gambar 4. 1 Hubungan Penyisihan COD dan Waktu Tinggal pada Fase Aklamatisasi Tahap 1 (50%).....	41
Gambar 4. 2 Hubungan Penyisihan COD dan Waktu Tinggal pada Fase Aklamatisasi Tahap 2 (100%).....	42
Gambar 4. 3 Efisiensi Removal COD di ABR	45
Gambar 4. 4 Efisiensi Removal TSS di ABR.....	47
Gambar 4. 5 Efisiensi COD di Aerasi.....	51
Gambar 4. 6 Efisiensi TSS di Aerasi	51
Gambar 4. 7 Hasil Pengukuran Tegangan (V).....	56
Gambar 4. 8 Hasil Pengukuran Kuat Arus (mA).....	57
Gambar 4. 9 Hasil Pengukuran Densitas Daya Listrik (mW/m^2).....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Industri Kedelai.....	9
Tabel 2. 2 Kriteria Desain ABR.....	12
Tabel 2. 3 Hasil Penelitian Sebelumnya	23
Tabel 3. 1 Hasil Uji Awal Air Limbah Tempe	30
Tabel 3. 2 Parameter dan Metode Analisis	31
Tabel 3. 3 Matriks Penelitian.....	37
Tabel 3. 4 Tabel Pengukuran Densitas Daya Listrik.....	38
Tabel 3. 5 Jadwal Kegiatan.....	39
Tabel 4. 1 Konsentrasi COD di ABR.....	44
Tabel 4. 2 Konsentrasi TSS di ABR	47
Tabel 4. 3 Konsentrasi COD di Aerasi	49
Tabel 4. 4 Konsentrasi TSS di Aerasi	50
Tabel 4. 5 Removal Total Parameter COD	53
Tabel 4. 6 Removal Total Parameter TSS.....	54
Tabel 4. 7 Parameter Tegangan, Kuat Arus, dan Densitas Daya Listrik MFCs....	55

ABSTRAK

Limbah cair industri tempe memiliki kandungan bahan organik yang tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan. Di sisi lain, kandungan organik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui teknologi Microbial Fuel Cells (MFCs). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penyisihan parameter COD dan TSS pada limbah cair tempe menggunakan sistem bertahap Anaerobic Baffle Reactor (ABR)-MFCs dan aerasi, serta menganalisis pengaruh jenis larutan garam pada jembatan garam dan jenis katoda terhadap densitas daya yang dihasilkan. Variasi larutan garam yang digunakan yaitu NaCl, KCl, dan KNO₃, sedangkan variasi katoda yang digunakan yaitu tembaga (Cu) dan aluminium (Al) dengan anoda berupa karbon grafit. Penelitian dilakukan menggunakan reaktor skala laboratorium dengan waktu tinggal ABR selama 120 jam dan aerasi selama 3 jam. Parameter yang dianalisis meliputi COD, TSS, pH, suhu, tegangan, kuat arus, dan densitas daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ABR-MFCs dan aerasi mampu menurunkan kadar COD dan TSS limbah cair tempe dengan efisiensi removal total COD sebesar 94,57%–97,83% dan TSS sebesar 45,45%–76,36%. Variasi terbaik diperoleh pada kombinasi jembatan garam KNO₃ dan elektroda C/Cu dengan efisiensi removal COD sebesar 97,83% dan TSS sebesar 76,36%, sedangkan efisiensi terendah diperoleh pada kombinasi KCl–C/Al dengan removal COD sebesar 94,57% dan TSS sebesar 45,45%. Sistem juga mampu menghasilkan densitas daya sebesar 23,12–167,2 mW/m², dengan densitas daya tertinggi dihasilkan pada variasi KCl–C/Cu sebesar 167,2 mW/m². Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis larutan garam pada jembatan garam dan jenis katoda berpengaruh terhadap besar densitas daya yang dihasilkan. Kombinasi sistem pengolahan ini berpotensi menjadi alternatif teknologi pengolahan limbah cair tempe yang ramah lingkungan sekaligus menghasilkan energi terbarukan.

Kata kunci: Limbah Cair Tempe, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Microbial Fuel Cells (MFCs), Aerasi, Jembatan Garam.

ABSTRACT

Tempe industrial wastewater contains high organic matter, potentially polluting the environment if disposed of without treatment. On the other hand, this organic content can be utilized as a source of electrical energy through Microbial Fuel Cells (MFCs) technology. This study aims to analyze the efficiency of COD and TSS removal parameters in tempe wastewater using a stepwise Anaerobic Baffle Reactor (ABR)-MFCs and aeration system, as well as to analyze the effect of the type of salt solution on the salt bridge and the type of cathode on the resulting electrical power density. The variations of salt solutions used were NaCl, KCl, and KNO₃, while the variations of cathodes used were copper (Cu) and aluminum (Al) with graphite carbon as the anode. The study was conducted using a laboratory-scale reactor with an ABR residence time of 120 hours and aeration for 3 hours. The parameters analyzed included COD, TSS, pH, temperature, voltage, current, and electrical power density. The results showed that the ABR-MFCs and aeration system were able to reduce the COD and TSS levels of tempeh liquid waste with a total COD removal efficiency of 94.57%–97.83% and TSS of 45.45%–76.36%. The best variation was obtained in the combination of KNO₃ salt bridge and C/Cu electrode with a COD removal efficiency of 97.83% and TSS of 76.36%, while the lowest efficiency was obtained in the combination of KCl–C/Al with a COD removal of 94.57% and TSS of 45.45%. The system was also able to produce an electrical power density of 23.12–167.2 mW/m², with the highest power density produced in the KCl–C/Cu variation of 167.2 mW/m². The results showed that variations in the type of salt solution in the salt bridge and the type of cathode affected the amount of electrical power density produced. This combination of treatment systems has the potential to be an alternative technology for processing tempeh liquid waste that is environmentally friendly and produces renewable energy.

Keywords: Tempe Wastewater, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Microbial Fuel Cells (MFCs), Aeration, Salt Bridge.