

**PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM
*CONSTRUCTED WETLAND – MICROBIAL FUEL CELL (CW-
MFC)* DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DALAM
PENGOLAHAN AIR LINDI**

SKRIPSI



Oleh :

RAMIZA FIRYAL TUFFAHATI

NPM 21034010067

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

2025

**PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM
*CONSTRUCTED WETLAND – MICROBIAL FUEL CELL (CW-
MFC)* DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DALAM
PENGOLAHAN AIR LINDI**

SKRIPSI



Oleh :

RAMIZA FIRYAL TUFFAHATI
NPM 21034010067

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

2025

**PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM *CONSTRUCTED*
WETLAND – *MICROBIAL FUEL CELL* (CW-MFC) DENGAN VARIASI
JENIS ELEKTRODA DALAM PENGOLAHAN AIR LINDI**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

RAMIZA FIRYAL TUFFAHATI

NPM: 21034010067

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

SURABAYA

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM
CONSTRUCTED WETLAND – MICROBIAL FUEL CELL (CW-
MFC) DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DALAM
PENGOLAHAN AIR LINDI**

Disusun Oleh:


Ramiza Firyal Tuffahati
NPM. 21034010067

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing


Aussie Amalia, ST., MSc.
NIP./NPT. 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 PENGESAHAN

**PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM
CONSTRUCTED WETLAND – MICROBIAL FUEL CELL (CW-MFC) DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DALAM
PENGOLAHAN AIR LINDI**

Disusun Oleh:

Ramiza Firyal Tuffahati

NPM. 21034010067

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

Menyetujui,

Pembimbing

Aussie Amalia, ST., MSc.

NIP./NPT. 172 1992 1124 059

TIM PENGUJI

1. Ketua

Mohamad Mirwan, ST., MT.

NIP./NPT. 19760212 202121 1 004

2. Anggota

Raden Kokoh Harjo Putro, ST., MT.

NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

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
PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM
CONSTRUCTED WETLAND – MICROBIAL FUEL CELL (CW-
MFC) DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DALAM
PENGOLAHAN AIR LINDI

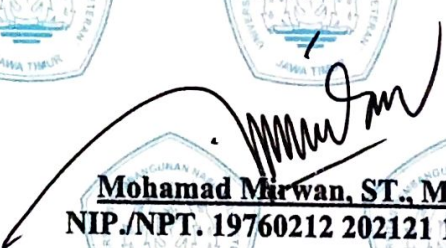
Disusun Oleh:


Ramiza Firyal Tuffahati
NPM. 21034010067

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 10 September 2025

TIM PENILAI

KETUA


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP./NPT. 19760212 202121 1 004

ANGGOTA


Raden Kokoh Haryo Putro, ST., MT.
NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ramiza Firyal Tuffahati
NPM : 21034010067
Program : Sarjana(S1)/Magister (S2) / Doktor (S3)
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, 10 September 2025

Yang Membuat Pernyataan



Ramiza Firyal Tuffahati
NPM. 21034010067

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga selama proses pengerjaan penelitian ini, Penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGARUH AERASI TERHADAP KINERJA SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* – *MICROBIAL FUEL* (CW-MFC) DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA DALAM PENGOLAHAN AIR LINDI”**. Penulis sangat berharap penyusunan skripsi dapat diterima sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur serta dapat berguna untuk wawasan serta pengetahuan bagi pembaca. Dalam penyusunan laporan ini, kami menyampaikan terima kasih 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, ST., MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Aussie Amalia, ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan banyak pengarahan, motivasi dan masukannya untuk penyelesaian penelitian skripsi ini.
4. Kedua orang tua tercinta serta keluarga besar yang tiada henti memberikan Do’a, kasih sayang, motivasi serta dukungan yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik.
5. Teman-teman Upn.Sambat Nita, Icha, Selli, Adel, Fla, Dinda, Alifia yang menjadi teman terbaik dan selalu menemani penulis selama penulisan skripsi.
6. Teman-teman KKN Alifia dan Salsa yang menjadi tempat bercerita dan bercanda gurau penulis selama penulisan skripsi ini.
7. Yasmin Nur Rohmah, S.A.P. yang selalu menemani penulis dan menjadi pendengar yang baik selama penulisan skripsi.

8. Teman-teman Teknik Lingkungan 2021 yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu yang senantiasa membantu penulis dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi.

9. Diri saya sendiri yang selalu kuat dan semangat dalam mengerjakan skripsi dari awal penyusunan konsep hingga skripsi ini dicetak dan dipublikasikan.

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

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Air Limbah Lindi	5
2.1.2 Parameter Air Lindi.....	6
2.1.3 Fitoremediasi	8
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Kombinasi CW-MFC.....	10
2.2.2 Faktor CW-MFC.....	11
2.2.3 Peran Elektroda dalam CW-MFC.....	14
2.2.4 Media Tanam	15
2.2.5 Tanaman <i>Typha latifolia</i>	17
2.3 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB 3	20
METODE PENELITIAN	20
3.1 Kerangka Penelitian	20
3.2 Bahan dan Alat	21
3.2.1 Bahan.....	21

3.2.2 Alat.....	22
3.3 Cara Kerja	22
3.3.1 <i>Seeding</i> pada Elektroda	22
3.3.2 Aklimatisasi dan <i>Range Finding Test</i>	23
3.3.3 Penelitian Utama	23
3.4 Variabel	25
3.5 Analisis Hasil	27
BAB 4	28
HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4. 1 Karakteristik Air Lindi TPA Jabon, Sidoarjo	28
4.2 <i>Seeding</i> Elektroda Grafit Karbon dan Plat Seng	29
4.3 Aklimatisasi dan <i>Range Finding Test</i> (RFT) Tanaman <i>Typha latifolia</i> .	30
4.4 Analisis Penyisihan Parameter COD Pada Variasi Elektroda Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	32
4.4.1 Analisis Hasil Uji Parameter COD Pada Elektroda Seng Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	32
4.4.2 Analisis Hasil Uji Parameter COD Pada Elektroda Grafit Karbon Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	34
4.4.3 Pengaruh Jenis Elektroda dan Perlakuan Aerasi Terhadap Penyisihan Parameter COD	35
4.4.4 Analisis Statistik ANOVA <i>Two-Way</i> Pada Penyisihan COD	37
4.4.5 Analisis Statistik Regresi Linear Berganda Pada Penyisihan COD	39
4.5 Analisis Penyisihan Parameter Total Nitrogen Pada Variasi Elektroda Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	40
4.5.1 Analisis Hasil Uji Parameter TN Pada Elektroda Plat Seng Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	40
4.5.2 Analisis Hasil Uji Parameter TN Pada Elektroda Grafit Karbon Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	41
4.5.3 Pengaruh Jenis Elektroda dan Perlakuan Aerasi Terhadap Penyisihan Parameter TN	43
4.5.4 Analisis Statistik ANOVA <i>Two-Way</i> Pada Penyisihan TN	45
4.5.5 Analisis Statistik Regresi Linear Berganda Pada Penyisihan TN .	46

4.6 Analisis Produksi Listrik Pada Variasi Elektroda Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	47
4.6.1 Analisis Hasil Produksi Listrik pada Elektroda Seng Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	47
4.6.2 Analisis Hasil Produksi Listrik pada Elektroda Grafit Karbon Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi.....	48
4.6.3 Pengaruh Jenis Elektroda dan Perlakuan Aerasi Terhadap Produksi Listrik	49
4.6.4 Analisis Statistik ANOVA <i>Two-Way</i> Pada Produksi Listrik	51
4.6.5 Analisis Statistik Regresi Linear Berganda Pada Produksi Listrik	55
4.7 Potensi Energi Listrik Sistem CW-MFC pada Lampu LED	58
4.8 Analisis Potensi Aplikasi Skala Nyata Sistem CW-MFC.....	58
BAB 5	60
KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN A	71
DATA HASIL PENELITIAN	71
LAMPIRAN B	73
PERHITUNGAN DAN PROSEDUR KERJA	73
1. Pengujian <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	73
2. Pengujian Total Nitrogen.....	73
3. Perhitungan Reaktor CW-MFC	74
LAMPIRAN C.....	77
DOKUMENTASI KEGIATAN	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Lindi TPA	5
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	18
Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Air Lindi	28
Tabel 4. 2 Penyisihan COD Dengan Plat Seng Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	32
Tabel 4. 3 Penyisihan COD Dengan Elektroda Grafit Karbon Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	34
Tabel 4. 4 Penyisihan TN Dengan Elektroda Plat Seng Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	40
Tabel 4. 5 Penyisihan TN Dengan Elektroda Grafit Karbon Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	42
Tabel 4. 6 Produksi Listrik Dengan Elektroda Plat Seng Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	47
Tabel 4. 7 Produksi Listrik Dengan Elektroda Grafit Karbon Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Constructed Wetland - Microbial Fuel Cell (CW-MFC)	10
Gambar 2. 2 Jenis Aliran Vertikal dan Horizontal Pada Sistem CW-MFC	12
Gambar 2. 3 Jembatan Garam Pada Sistem CW-MFC.....	13
Gambar 2. 4 Elektroda Plat Seng (Zn)	14
Gambar 2. 5 Elektroda Grafit Batangan (Graphite Rod).....	15
Gambar 2. 6 Tanaman Typha latifolia	17
Gambar 3. 1 Diagram Kerangka Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Reaktor CW-MFC dengan Aerasi.....	24
Gambar 4. 1 Elektroda Sebelum (a) dan Sesudah Proses Seeding (b)	29
Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Tegangan (a) dan Arus (b) Listrik Pada Anoda Setelah Proses Seeding.....	30
Gambar 4. 3 Kondisi Typha latifolia pada Proses RFT	31
Gambar 4. 4 Grafik Penyisihan COD Dengan Variasi Elektroda Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	36
Gambar 4. 5 ANOVA Two-Way Penyisihan COD (%)	38
Gambar 4. 6 Hasil Uji Regresi Linear Berganda Pada Penyisihan COD	39
Gambar 4. 7 Grafik Penyisihan TN Dengan Variasi Elektroda Terhadap Variasi Perlakuan Aerasi	43
Gambar 4. 8 ANOVA Two-Way Penyisihan TN (%)	45
Gambar 4. 9 Hasil Uji Regresi Linear Terhadap Penyisihan TN.....	46
Gambar 4. 10 ANOVA Two-Way Tegangan (mV)	52
Gambar 4. 11 ANOVA Two-Way Arus (mA)	53
Gambar 4. 12 ANOVA Two-Way Daya (mW)	54
Gambar 4. 13 Hasil Uji Regresi Linear Terhadap Produksi Tegangan Listrik	55
Gambar 4. 14 Hasil Uji Regresi Linear Terhadap Produksi Arus Listrik.....	56
Gambar 4. 15 Hasil Uji Regresi Linear Terhadap Produksi Daya Listrik	57

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem *Constructed Wetland-Microbial Fuel Cell* (CW-MFC) dalam pengolahan air lindi sekaligus produksi energi listrik, dengan memfokuskan kajian pada pengaruh variasi jenis elektroda dan perlakuan aerasi. Sistem CW-MFC yang digunakan mengombinasikan peran tanaman *Typha latifolia*, mikroorganisme elektroaktif, dan elektroda sebagai media transfer elektron. Penelitian dilakukan dengan dua jenis elektroda, yaitu plat seng dan grafit, serta dua kondisi operasional, yaitu dengan aerasi dan tanpa aerasi. Parameter utama yang diamati meliputi *Chemical Oxygen Demand* (COD), Total Nitrogen (TN), tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis elektroda dan waktu kontak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penyisihan COD dan TN, sedangkan perlakuan aerasi tidak memberikan pengaruh signifikan. Efisiensi penyisihan COD tertinggi sebesar 95% diperoleh pada perlakuan elektroda seng tanpa aerasi di hari ke-12, sedangkan penyisihan TN tertinggi sebesar 96% diperoleh pada elektroda grafit dengan aerasi di hari ke-8. Produksi listrik juga menunjukkan tren yang dipengaruhi oleh jenis elektroda dan waktu kontak, di mana kondisi tanpa aerasi menghasilkan output listrik yang lebih stabil dibandingkan dengan kondisi aerasi. Stabilitas ini diduga terkait dengan kondisi redoks yang lebih mendukung pertumbuhan komunitas mikroorganisme elektroaktif, sehingga proses biologis dan elektrokimia dapat berlangsung optimal.

Secara keseluruhan, sistem CW-MFC terbukti mampu mengolah air lindi dengan efisiensi tinggi sekaligus menghasilkan energi listrik dalam satu rangkaian proses. Teknologi ini memiliki potensi untuk diterapkan sebagai solusi pengolahan limbah berkelanjutan, mengingat kemampuannya dalam memadukan fungsi ekoremediasi dan pembangkitan energi terbarukan tanpa memerlukan suplai oksigen tambahan.

Kata Kunci : Air Lindi, CW-MFC, Aerasi, Elektroda, *Typha latifolia*, COD, TN

ABSTRACT

*This study aims to analyze the performance of the Constructed Wetland–Microbial Fuel Cell (CW-MFC) system in treating landfill leachate while simultaneously generating electrical energy, focusing on the effects of electrode type variation and aeration treatment. The CW-MFC system employed combines the roles of *Typha latifolia* plants, electroactive microorganisms, and electrodes as electron transfer media. Two types of electrodes, namely zinc plates and graphite, were tested under two operational conditions: with aeration and without aeration. The main parameters observed included Chemical Oxygen Demand (COD), Total Nitrogen (TN), voltage, current, and electrical power output.*

The results showed that variations in electrode type and contact time had a significant effect on COD and TN removal efficiencies, whereas aeration treatment did not produce a significant influence. The highest COD removal efficiency of 95% was obtained using a zinc plate electrode without aeration on day 12, while the highest TN removal efficiency of 96% was achieved using a graphite electrode without aeration on day 8. Electricity generation trends were also influenced by electrode type and contact time, with the non-aerated condition producing more stable electrical output compared to the aerated condition. This stability is presumed to be related to redox conditions that better support the growth of electroactive microbial communities, enabling optimal biological and electrochemical processes.

Overall, the CW-MFC system proved effective in treating landfill leachate with high efficiency while simultaneously producing electrical energy in a single process. This technology shows potential as a sustainable wastewater treatment solution, as it integrates eco-remediation and renewable energy generation without requiring additional oxygen supply.

Keyword : *Leachate, CW-MFC, Aeration, Electrode, *Typha latifolia*, COD, TN*