

**PENGARUH JENIS ANODA
MICROBIAL FUEL CELLS (MFCs)
TERHADAP DENSITAS DAYA DAN
PENYISIHAN KANDUNGAN ORGANIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

SKRIPSI



Oleh:

M. ARDIANSYAH DWI TAMA

NPM. 20034010042

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2024**

**PENGARUH JENIS ANODA
MICROBIAL FUEL CELLS (MFCs)
TERHADAP DENSITAS DAYA DAN
PENYISIHAN KANDUNGAN ORGANIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Fakultas Teknik dan Sains Program Studi Teknik Lingkungan

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Oleh:

M. ARDIANSYAH DWI TAMA

NPM. 20034010042

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

2024

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH JENIS ANODA
***MICROBIAL FUEL CELLS* (MFCs)**
TERHADAP DENSITAS DAYA DAN
PENYISIHAN KANDUNGAN ORGANIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

Disusun oleh:

M. ARDIANSYAH DWI TAMA
NPM. 20034010042

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan
pada Jurnal Serambi Engineering (Terakreditasi SINTA 4)
Volume 9, Nomor 4, Oktober 2024

PEMBIMBING I

Menyetujui,

TIM PENGUJI

1. Ketua


Ir. Yayok Suryo Purnomo, M.S.
NIP. 19600601 198703 1 001


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

PEMBIMBING II

2. Anggota


Syadzadhiya O. Z. N., S.T., M.T.
NIP. 21219940930296


Raden Kokoh Haryo P., S.T., M.T.
NIP. 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 PERSETUJUAN
PENGARUH JENIS ANODA
***MICROBIAL FUEL CELLS* (MFCs)**
TERHADAP DENSITAS DAYA DAN
PENYISIHAN KANDUNGAN ORGANIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

Disusun oleh:

M. ARDIANSYAH DWI TAMA
NPM. 20034010042

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

Menyetujui,

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II


Ir. Yavok Suryo Purnomo, M.S.
NIP. 19600601 198703 1 001


Syadzadhiya O. Z. N., S.T., M.T.
NIP. 21219940930296

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
PENGARUH JENIS ANODA
***MICROBIAL FUEL CELLS* (MFCs)**
TERHADAP DENSITAS DAYA DAN
PENYISIHAN KANDUNGAN ORGANIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

Disusun oleh:

M. ARDIANSYAH DWI TAMA
NPM. 20034010042

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 07 November 2024

TIM PENILAI

KETUA



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

ANGGOTA



Raden Kokoh Harvo P., S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Ardiansyah Dwi Tama
NPM : 20034010042
Fakultas : Teknik dan Sains
Program Studi : Teknik Lingkungan
Email : Ardydwitama1@gmail.com
Judul Skripsi : Pengaruh Jenis Anoda *Microbial Fuel Cells* (MFCs) Terhadap Densitas Daya dan Penyisihan Kandungan Organik Limbah Cair Industri Tahu

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 dari pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis dan 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 yang ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 07 November 2024



(M. Ardiansyah Dwi Tama)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program studi Teknik Lingkungan Strata 1 di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan – kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Proses penyusunan laporan ini juga tidak lepas dari bantuan orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan setiap saat sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan laporan tepat waktu, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Ir. Yayok Suryo Purnomo M.S dan Ibu Syadzadhiya Qothrunada Zakiyayasin Nisa', S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis.
4. Kedua orang tua yang selalu ikhlas mendoakan, mendukung dan memotivasi penulis selama proses penyelesaian tugas akhir.
5. Zuhria Oktaviani yang ikhlas menemani penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir.

Surabaya, 6 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK.....	ix
BAB 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 Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Sektor Industri Tahu Sidoarjo	5
2.1.2 Proses Pembuatan Tahu	5
2.1.3 Limbah Cair Industri Tahu.....	6
2.1.4 Standar Baku Mutu Limbah cair Industri Tahu	7
2.1.5 Parameter Limbah Cair Industri Tahu	7
2.2 <i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	8
2.3 <i>Microbial Fuel Cells (MFCs)</i>	11
2.3.1 Proses Pengolahan Biologi Secara Anaerob	11
2.3.2 Prinsip Kerja <i>Microbial Fuel Cells (MFCs)</i>	12
2.3.3 Metabolisme Mikroorganisme dalam MFCs	15
2.3.4 Desain Kompartemen MFCs	17

2.3.5 Material Elektroda dalam MFCs	19
2.3.6 Jembatan Garam	21
2.3.7 Asam Asetat	22
2.3.8 Larutan Elektrolit.....	22
2.4 Landasan Teori.....	23
2.5 Hipotesis	24
2.6 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Kerangka Penelitian	28
3.2 Alat Dan Bahan	31
3.2.1 Alat Penelitian.....	31
3.2.2 Bahan Penelitian	31
3.3 Variabel Penelitian	32
3.3.1 Variabel Tetap	32
3.3.2 Variabel Bebas	32
3.3.3 Variabel Kontrol.....	32
3.3.4 Variabel Terikat.....	33
3.4 Mekanisme Kerja	33
3.4.1 Tahap Persiapan	33
3.4.2 Tahap Netralisasi	33
3.4.3 Tahap <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	34
3.4.4 Penelitian Utama.....	34
3.4.5 Analisis Hasil.....	40
3.5 Jadwal Kegiatan	41
3.6 RAB Penelitian	42

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.2 Pembahasan.....	44
4.2.1 Seeding Dan Aklimatisasi.....	44
4.2.2 Pengaruh Jenis Anoda dan Waktu Tinggal Terhadap Densitas Daya Listrik.... yang Dihasilkan	46
4.2.3 Efisiensi Penyisihan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	54
4.2.4 Derajat Keasaman (pH) Selama Pengolahan Menggunakan Kombinasi <i>Microbial Fuel Cells</i> (MFCs) Dengan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR) ..	59
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu	7
Tabel 2.2	Kriteria Desain ABR	11
Tabel 2.3	Hasil Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.1	Uji Awal Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	33
Tabel 3.2	Matriks Penelitian	38
Tabel 3.3	Titik Pengambilan Sampel	39
Tabel 3.4	Jadwal Kegiatan	41
Tabel 3.5	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	42
Tabel 4.1	Uji Awal Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	43
Tabel 4.2	Pengukuran Nilai Tegangan (V).....	48
Tabel 4.3	Pengukuran Kuat Arus Listrik (I).....	50
Tabel 4.4	Pengukuran Nilai Densitas Daya Listrik (mW/m^2).....	52
Tabel 4.5	Efisiensi Penyisihan COD (%).....	55
Tabel 4.6	Pengaruh Nilai pH Terhadap Waktu Tinggal (Jam).....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Proses Pembuatan Tahu.....	6
Gambar 2.2	<i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	10
Gambar 2.3	Reaktor MFCs <i>Dual Chamber</i>	19
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	30
Gambar 3.2	Desain Reaktor Kombinasi MFCs dan ABR.....	36
Gambar 3.3	Layout Reaktor Kombinasi MFCs dan ABR	37
Gambar 4.1	Hubungan Penyisihan COD dan Waktu Tinggal Pada Fase Aklimatisasi Tahap 1 (50%)	45
Gambar 4.2	Hubungan Penyisihan COD dan Waktu Tinggal Pada Fase Aklimatisasi Tahap 2 (100%)	45
Gambar 4.3	Hubungan Jenis Anoda dan Waktu Tinggal Reaktor Terhadap Nilai Tegangan yang Dihasilkan	49
Gambar 4.4	Hubungan Jenis Anoda dan Waktu Tinggal Reaktor Terhadap Nilai Kuat Arus yang Dihasilkan.....	51
Gambar 4.5	Hubungan Jenis Anoda dan Waktu Tinggal Reaktor Terhadap Nilai Densitas Daya yang Dihasilkan.....	53
Gambar 4.6	Hubungan Jenis Anoda dan Waktu Tinggal Terhadap Persen Penyisihan COD yang Dihasilkan	56
Gambar 4.7	Hubungan Penyisihan COD dan Densitas Daya Listrik yang Dihasilkan pada Reaktor dengan Jenis Anoda Karbon Grafit	57
Gambar 4.8	Hubungan Penyisihan COD dan Densitas Daya Listrik yang Dihasilkan pada Reaktor dengan Jenis Anoda <i>Zinc</i>	58
Gambar 4.9	Hubungan Penyisihan COD dan Densitas Daya Listrik yang Dihasilkan pada Reaktor dengan Jenis Anoda <i>Stainless Steel</i>	58
Gambar 4.10	Hubungan Waktu Tinggal Reaktor dengan Jenis Anoda yang Berbeda Terhadap Nilai pH yang Dihasilkan	60

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A HASIL PENELITIAN	71
A-1 Hasil Seeding Selama 15 Hari	73
A-2 Hasil Aklimatisasi Selama 6 Hari	73
A-3 Hasil Pengukuran Tegangan, Kuat Arus dan Densitas Daya Listrik.....	73
A-4 Hasil Uji Parameter COD dan pH.....	74
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN	73
B-1 Dimensi Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	75
B-2 Dimensi Katoda Microbial Fuel Cells (MFCs).....	78
B-3 Perhitungan Luas Permukaan Elektroda	78
B-4 Perhitungan Rasio COD:N:P	79
B-5 Kebutuhan Larutan NaOH	79
B-6 Kebutuhan Larutan HCl	80
B-7 Kebutuhan Larutan Asam Asetat.....	80
B-8 Kebutuhan Larutan Elektrolit KMnO ₄	81
B-9 Perhitungan MLSS	81
B-10 Perhitungan Densitas Daya Listrik (mW/m ²).....	83
B-11 Prosedur Analisis Parameter COD	83
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN.....	83
Gambar C-1 Memasukkan Air Limbah Kedalam Bak Penampung.....	85
Gambar C-2 Aktivasi Elektroda Menggunakan HCL dan NaOH Kemudian Disimpan Dalam Aquades	85
Gambar C-3 Menimbang dan Membuat Larutan Elektrolit KMnO ₄	85
Gambar C-4 Menimbang KCL dan Nutrient Agar.....	86
Gambar C-5 Mencampur KCL dan Nutrient Agar Dengan Aquades Lalu Dipanaskan Menggunakan Hot Plate	86
Gambar C-6 Memasukkan Larutan Campuran Kedalam Jembatan Garam.....	86
Gambar C-7 Reaktor Penelitian	87
Gambar C-8 Mengukur Tegangan dan Kuat Arus Menggunakan Multimeter Digital	87

Gambar C-9 Melakukan Pengenceran Sampel Untuk Uji COD	88
Gambar C-10 Memindahkan Sampel Kedalam Kuvet Kemudian Menambahkan Larutan $K_2Cr_2O_7$ dan H_2SO_4	88
Gambar C-11 Memberikan Label Pada Setiap Sampel.....	88
Gambar C-12 Memanaskan Sampel Selama 2 Jam Menggunakan COD Heating	89
Gambar C-13 Menambahkan 2 Tetes Larutan Indikator Ferroin.....	89
Gambar C-14 Melakukan titrasi sampel dengan larutan FAS.....	89

ABSTRAK

**PENGARUH JENIS ANODA
MICROBIAL FUEL CELLS (MFCs)
TERHADAP DENSITAS DAYA DAN
PENYISIHAN KANDUNGAN ORGANIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

M. ARDIANSYAH DWI TAMA
NPM. 20034010042

Industri tahu menghasilkan air limbah dari proses penggumpalan protein susu kedelai dan pencetakan yang mengandung kadar organik tinggi seperti COD, sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan perairan. Tingginya kandungan organik dapat dimanfaatkan sebagai substrat pada sistem *Microbial Fuel Cells* (MFCs). MFCs merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan bahan organik dalam limbah. Selain itu, untuk memaksimalkan pengolahan digunakan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) untuk menguraikan senyawa organik kompleks menjadi lebih sederhana, sehingga dapat meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam mencerna kandungan organik di MFCs. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis anoda pada kombinasi reaktor MFCs dengan ABR terhadap densitas daya listrik dan penyisihan COD dalam limbah cair industri tahu serta kondisi nilai pH selama dilakukannya pengolahan. Penelitian ini dimulai dengan seeding dan aklimatisasi kemudian membandingkan pengaruh jenis anoda berupa karbon grafit, *zinc* dan *stainless steel* terhadap kinerja kombinasi reaktor MFCs dengan ABR pada variasi waktu tinggal yaitu 24, 48, 72 dan 96 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa anoda dengan jenis karbon grafit menghasilkan densitas daya tertinggi sebesar 204,13 mW/m² dan efisiensi penyisihan COD sebesar 60,42% pada variasi waktu tinggal reaktor 96 jam.

Kata Kunci: *Microbial Fuel Cells*, *Anaerobic Baffled Reactor*, Produksi Energi Listrik, Jenis Anoda, Penyisihan COD, Air Limbah Tahu.

ABSTRACT

**THE EFFECT OF ANODE TYPE
IN MICROBIAL FUEL CELLS (MFCS)
ON POWER DENSITY AND
ORGANIC COMPOUND REMOVAL
FROM TOFU INDUSTRY WASTEWATER**

M. ARDIANSYAH DWI TAMA
NPM. 20034010042

The tofu industry generates wastewater from the coagulation of soy protein and molding processes which contains high organic content such as COD therefore treatment is required before discharging the wastewater into water bodies The high organic content can be utilized as a substrate in Microbial Fuel Cells MFCS a technology that generates electricity by harnessing organic materials in wastewater Additionally to optimize the treatment process an Anaerobic Baffled Reactor ABR is used to break down complex organic compounds into simpler forms enhancing the ability of microorganisms to digest the organic content in MFCS This study aims to analyze the effect of anode type in the MFCS ABR reactor combination on power density COD removal and pH conditions during the treatment process The research began with seeding and acclimatization followed by comparing the effects of different anode types graphite zinc and stainless steel on the performance of the MFCS ABR system at varying retention times of 24 48 72 and 96 hours The results showed that the graphite anode produced the highest power density of 20413 mW/m² and a COD removal efficiency of 6042% at a retention time of 96 hours.

Keywords: *Microbial Fuel Cells, Anaerobic Baffled Reactor, Electricity production, Anode type, COD removal, Tofu wastewater.*