

**PENGARUH VARIASI JENIS DAN LUAS ELEKTRODE TERHADAP  
PRODUKTIVITAS LISTRIK MFC (*MICROBIAL FUEL CELL*)  
DENGAN SUBSTRAT BATANG SAGU**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana S-1**



**Disusun Oleh:**

**RIZAL HAMDANI**

**1910816310008**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN**

**PENGARUH VARIASI JENIS DAN LUAS ELEKTRODE TERHADAP  
PRODUKTIVITAS LISTRIK MFC (MICROBIAL FUEL CELL) DENGAN  
SUBSTRAT BATANG SAGU**

**Oleh**  
**Rizal Hamdani (1910816310008)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 11 Januari 2024 dan dinyatakan

**L U L U S**

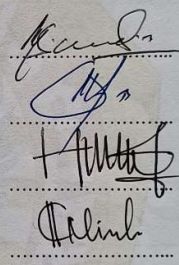
**Komite Penguji :**

**Ketua** : Ir. Aqli Mursadin, S.T., M.T., Ph.D., IPU.  
NIP 197106111995121001

**Anggota 1** : Prof. Dr. Ir. Abdul Ghofur, S.T., M.T., IPM.  
NIP 197007171998021001

**Anggota 2** : Herry Irawansyah, S.T., M.Eng.  
NIP 199002212018031001


**Pembimbing  
Utama** : Muhammad Nizar Ramadhan., S.T., M.T.  
NIP 199203222019031010



Banjarbaru, Januari 2024  
diketahui dan disahkan oleh:



**Wakil Dekan Bidang Akademik**  
**Fakultas Teknik ULM,**  
**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**  
NIP 197401071998021001



**Koordinator Program Studi**  
**Teknik Mesin,**  
**Prof. Dr. Ir. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM. ACPE**  
NIP 197608052008121001

## IDENTITAS

JUDUL SKRIPSI : Pengaruh Variasi Jenis dan Luas Elektrode Terhadap Produktivitas Listrik MFC (*Microbial Fuel Cell*) Dengan Substrat Batang Sagu

Nama Mahasiswa/I : Rizal Hamdani

NIM : 1910816310008

**KOMITE PEMBIMBING**

Pembimbing 1 : M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

**KOMITE PENGUJI**

Dosen Penguji 1 : Dr. Abdul Ghofur, S.T., M.T.

Dosen Penguji 2 ; Herry Irawansyah, S.T., M.Eng

Dosen Penguji 3 ; Dr. Aqli Mursadin, S.T., M.T.

Waktu dan Tempat Ujian Skripsi

Seminar Proposal ; 13 Juni 2023

Seminar Hasil : 19 Desember 2023

Ujian Akhir ; 11 Januari 2024

Tempat ; Ruang Raapat PSTM FT ULM

SK Penguji ;













LEMBAR KONSULTASI

SKRIPSI

Nama : Rizal Hamdani

NIM : 1910816310008

Judul : Pengaruh Variasi Jenis dan Luas Elektrode Terhadap Produktivitas Listrik MFC  
(Microbial Fuel Cell) dengan Substrat Batang Sagu

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Tanda Tangan
1.	24-03-2023	Topik, Variabel bebas, Variabel terikat, Variabel kontrol	
2.	28-03-2023	Rumusan masalah, Tujuan	
3.	01-04-2023	Perbaiki Bab I, II, III	
4.	15-05-2023	Tambahkan penelitian terdahulu	
5.	30-05-2023	Perbaiki diagram Alir	
6.	04-06-2023	Lengkapi gambar Perbaiki penulisan	
7.	06-06-2023	ACC, maju sidang proposal	
8.	20-07-2023	Tambahkan jurnal terkait	
9.	11-10-2023	Perbaiki penjelasan hasil data	
10.	20-11-2023	Perbaiki grafik	
11.	6-12-2023	Perbaiki kesimpulan, saran	
12.	16-12-2023	ACC, maju seminar hasil	

13	20-02-2023	Perbaiki Kesimpulan	M. Nizar Ramadhan
14	25-12-2023	Lengkapi Lampiran	M. Nizar Ramadhan
15	28-12-2023	ACC	M. Nizar Ramadhan

Banjarbaru, 28 Desember 2023

Pembimbing

M. Nizar Ramadhan

**M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T.**  
**NIP. 199203222019031010**

## PERNYATAAN ORISININALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak mendapat karya ilmiah yang di ajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis di kutip dari naskah ini dan di sebutkan dalam sumber kutipan dari daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini dapat di buktikan terdapat unsur unsur jiplakan skripsi. Saya bersedia Skripsi (Sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 pasal 70).

Banjarbaru, Januari 2024  
Mahasiswa

Rizal Handani  
NIM. 1910816310008

## **RIWAYAT HDUP**

Rizal Hamdani lahir di Sebamban 1 pada tanggal 28 Februari 2001, Putra Kdua dari Ayah Sahdan dan Rusniati. Menyelesaikan Pendidikan di, SDN 2 Tri Mulya (2007-2013), MTSs Nurul Jihad NW (2013-2016), SMAN 1 Sungai Loban (2016-2019). Pendidikan S-1 di Program Studi Teknik Mesin di Fakultas Teknik Univertas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, tahun angkatan 2019.

Banjarbaru, Januari 2024  
Mahasiswa

Rizal Handani  
NIM. 1910816310008

## UCAPAN TRIMAKASIH

Puji dan Syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Variasi Jenis dan Luas Elektrode Terhadap Produktivitas Listrik MFC (*Microbial Fuel Cell*) Dengan Substrat Batang Sagu”. Shalawat dan Salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, beserta sahabat, kerabat, serta pengikut beliau hingga akhir zaman.

Selesainya penulisan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya menyampaikan rasa syukur kepada Allah SWT dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya khususnya kepada:

1. Ayah Sahdan dan Ibu, Rusniati yang mana telah memberikan dukungan baik berupa doa, dana maupun semangat, sehingga saya dapat mengerjakan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak Prof. Dr. Ahmad, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Iphan Fitriani Radam, S.T., MT., IPU. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Bapak Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Bapak Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T. selaku kordinator Skripsi.
6. Bapak Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Bapak Dr. Aqli Mursadin, S.T., M.T., Bapak Dr. Abdul Ghofur, S.T., M.T., Bapak Herry Irawansyah, S.T., M.Eng., M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Skripsi.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Banjarbaru, Januari 2024  
Mahasiswa

Rizal Handani  
NIM. 1910816310008



## RINGKASAN

Rizal Hamdani, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Januari 2024. Pengaruh Variasi Jenis dan Luas Elektrode Terhadap Produktivitas Listrik MFC (*Microbial Fuel Cell*) Dengan Substrat Batang Sagu. Pembimbing Skripsi M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

Salah satu solusi pengembangan energi alternatif efisien dan ramah lingkungan adalah *microbial fuel cell* atau disingkat MFC. MFC dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan sistem yang dijalankan dalam suatu reaktor anaerob dilengkapi oleh elektroda anoda dan katoda yang berisi substrat dan bakteri. Tujuan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jenis dan luas elektrode terhadap produksi arus, tegangan dan *power density* dari substrat batang sagu menggunakan teknologi MFC dengan penambahan bakteri *lactobacillus plantarum*. Pengamatan dilakukan menggunakan desain MFC *dual chamber* dengan variasi jenis elektroda tembaga, aluminium, nikel dan karbon grafit dan luas 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, 60 cm<sup>2</sup> kemudian diukur nilai arus listrik dan tegangan untuk mengetahui besarnya nilai *power density* selama 36 jam. Variasi jenis dan luas elektrode pada MFC dari substrat batang sagu cukup berpengaruh. Hasil percobaan menunjukkan nilai rata-rata *power density* maksimum pada MFC substrat batang sagu terdapat pada elektrode nikel luas 30 cm<sup>2</sup> sebesar 40.429 mW/m<sup>2</sup>.

Kata kunci: MFC, substrat, elektrode, *power density*

## SUMMARY

*Rizal Hamdani, Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University, January 2024. Effect of Variation of Electrode Type and Area on Electrical Productivity of MFC (Microbial Fuel Cell) with Sago Stem Substrate. Thesis Supervisor M. Nizar Ramadhan, S.T., M.T.*

*One solution for the development of efficient and environmentally friendly alternative energy environment is microbial fuel cell or abbreviated as MFC. MFC can convert chemical energy into electrical energy by using a system that is run system in an anaerobic reactor equipped with anode and cathode electrodes containing substrate and bacteria. The purpose of this study aims to analyze the effect of variations in electrode type and area on the production of current, voltage and power density from sago stem substrate using MFC technology with the addition of *Lactobacillus plantarum* bacteria. *Lactobacillus plantarum*. Observations were made using a dual chamber MFC design with variations in electrode types of copper, aluminum, nickel and carbon graphite and an area of 30 cm<sup>2</sup>, 40 cm<sup>2</sup>, 60 cm<sup>2</sup> then measured the value of electric current and voltage to determine the value of power density for 36 hours. The variation of electrode type and area in MFC from sago stem substrate is quite influential. The results of the experiment showed that the average value of maximum power density on MFC sago stem substrate is found on a nickel electrode area of 30 cm<sup>2</sup> amounting to 432,953 mW/m<sup>2</sup>.*

**Keywords:** *MFC, substrate, electrode, Power Density*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>IDENTITAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN KONSULTASI</b> .....	iv
<b>ORISININALITAS PENELITIAN SKRIPSI</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>UCAPAN TRIMAKASIH</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFRAT GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Penelitian Terdahulu .....	5
2.2. <i>Fuel Cell</i> .....	14
2.3. <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	18
2.4. Prinsip Kerja MFC .....	20
2.4.1. Transfer Elektron Langsung Melalui Protein Membran Luar Sel	23
2.4.2. Transfer Elektron dengan Mediator .....	24
2.4.3. Transfer Elektron Melalui <i>Bacterial Nanowires</i> .....	24
2.5. Jenis Sistem MFC .....	25
2.5.1. Berdasarkan Desain Kompartemen .....	25
2.5.2. Berdasarkan Ada Tidaknya Membran .....	27
2.5.3. Pengukuran <i>Power Density</i> Sistem <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	27

2.6. Elektrode .....	27
2.6.1. Anoda .....	27
2.6.2. Katoda .....	28
2.7. Faktor Operasional Pada sistem MFC .....	29
2.7.1. Substrat .....	29
2.7.2. Sifat Kimia Larutan .....	30
2.8. Mikroorganisme pada <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	31
2.9. Masa Pertumbuhan Mikroorganisme .....	35
2.10. Larutan Elektrolit .....	36
2.11. Sel Volta .....	37
2.12. Jembatan Garam .....	38
2.13. Multimeter Digital .....	38
2.14. Pohon Sagu .....	39
2.14.1. Batang .....	41
2.14.2. Daun .....	43
2.14.3. Buah dan Bunga .....	43
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>46</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	46
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	46
3.2.1. Alat .....	46
3.2.2. Bahan .....	49
3.3 Variabel Penelitian .....	52
3.3.1. Variabel Bebas .....	52
3.3.2. Variabel Terikat .....	53
3.3.3. Variabel Kontrol .....	53
3.4 Prosedur Penelitian .....	53
3.4.1. Preparasi Alat Elektrolisis .....	53
3.4.2. Preparasi Substrat .....	53
3.4.3. Preparasi Elektrolit .....	53
3.4.4. Pembuatan MFC .....	54
3.4.5. Eksperimen <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	54
3.4.6. Pengukuran <i>Power Density</i> .....	55

3.4.7. Penyajian data .....	55
3.5 Metode Analisis Data .....	55
3.6 Rancangan Eksperimen <i>Randomized Complete Block</i> (RCB) Untuk Tiap Waktu.....	56
3.7 Diagram Alir .....	58
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	59
4.1.1. Nilai Konduktivitas Material.....	60
4.1.2. Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik Terhadap Variasi Jenis dan Luas Elektrode.....	60
4.1.3. Hasil Pengukuran Tegangan Listrik dari Variasi Jenis dan Luas Elektrode .....	66
4.1.4. Hasil Pengukuran <i>Power Density</i> dari Variasi Jenis dan Luas Elektrode.....	73
4.2 Uji ANOVA .....	74
4.2.1. Uji F ANOVA .....	74
4.2.2. Uji Koefisiensi Determinasi ( $R^2$ ) .....	80
4.2.3. Uji <i>Normality Test</i> .....	81
4.2.4. Uji <i>Heteroscedasticity Test</i> .....	86
4.2.5. Uji <i>Post-Hoc</i> .....	96
4.2.6. <i>Nonparametric Test</i> .....	114
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>116</b>
5.1 Kesimpulan .....	116
5.2 Saran.....	116
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>118</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>123</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Kondisi Sistem <i>Fuel Cell</i> dengan MFC .....	19
Tabel 2.2. Bakteri yang digunakan di MFCs .....	33
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Empulur Sagu .....	45
Tabel 3.1 Bentuk RAKL untuk data pengukuran tiap waktu .....	56
Tabel 4.1 Material Properties .....	60
Tabel 4.2 Arus Listrik MFC Elektrode 30 cm <sup>2</sup> .....	60
Tabel 4.3 Arus Listrik MFC Elektrode 40 cm <sup>2</sup> .....	62
Tabel 4.4 Arus Listrik MFC Elektrode 60 cm <sup>2</sup> .....	63
Tabel 4.5 Tegangan Listrik MFC Elektrode 30 cm <sup>2</sup> .....	66
Tabel 4.6 Tegangan Listrik MFC Elektrode 40 cm <sup>2</sup> .....	68
Tabel 4.7 Tegangan Listrik MFC Elektrode 60 cm <sup>2</sup> .....	69
Tabel 4.8 Nilai pengukuran <i>Power Density</i> .....	72
Tabel 4.9 nilai hasil uji R .....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 6 kelompok utama <i>Fuel Cell</i> .....	16
Gambar 2.2 Skema <i>microbial fuel cell two-chamber</i> yang biasanya digunakan yang mengamati berbagai proses elektrokimia dan elektromikrobiologi.....	20
Gambar 2.3 Skema MFC ruang tunggal, menunjukkan anoda, tempat bakteri terbentuk biofilm di permukaan, dan katoda yang terpapar udara	22
Gambar 2.4 Mekanisme transfer elektron melalui membran luar sel .....	23
Gambar 2.5 Mekanisme transfer elektron menggunakan mediator .....	24
Gambar 2.6 Mekanisme transfer elektron menggunakan <i>bacterial</i> .....	24
Gambar 2.7 Skema <i>single chamber</i> .....	25
Gambar 2.8 Skema <i>Double chamber</i> .....	26
Gambar 2.9 Skema <i>Stack</i> .....	26
Gambar 2.10 Elektrode karbon .....	28
Gambar 2.11 Berbagai macam jenis elektrode logam .....	29
Gambar 2.12 <i>Lactobacillus Plantarum</i> .....	31
Gambar 2.13 Ilustrasi Bakteri Kontak dengan Elektrode .....	32
Gambar 2.14 Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme .....	35
Gambar 2.15 $\text{KMnO}_4$ .....	36
Gambar 2.16 Sel volta .....	37
Gambar 2.17 Multimeter digital .....	48
Gambar 2.18 Pohon sagu mati karena tidak termanfaatkan.....	40
Gambar 2.19 Rumpun sagu dengan anakan yang belum ditata baik .....	41
Gambar 2.20 Batang sagu .....	42
Gambar 2.21 Daun pohon sagu .....	43
Gambar 2.22 Buah pohon sagu atau rumbia .....	43
Gambar 2.23 Batang sagu yang sudah dibelah .....	44
Gambar 3.1 Multimeter digital Visero DT9205A .....	46
Gambar 3.2 Kabel .....	46
Gambar 3.3 Jepit buaya .....	47
Gambar 3.4 Toples kapasitas 1 L .....	47
Gambar 3.5 pipa PVC 8 cm .....	47

Gambar 3.6 Neraca digital SF-400 .....	48
Gambar 3.7 Gelas ukur 25 mL .....	48
Gambar 3.8 Masker.....	48
<b>Gambar 3.9</b> Lem pipa ISARPLAS .....	49
Gambar 3.10 Gunting .....	49
Gambar 3.11 Garam atau NaCl 1M .....	49
Gambar 3.12 Aquades.....	50
Gambar 3.13 Elektrode tembaga.....	50
Gambar 3.14 Elektrode aluminium.....	50
Gambar 3.15 Elektrode nikel .....	51
Gambar 3.16 Elektrode carbon grafit.....	51
Gambar 3.17 Bakteri <i>lactobacillus plantarum</i> .....	51
Gambar 3.18 Substrat batang sagu .....	52
Gambar 3.19 Kalium permanganat KMnO <sub>4</sub> .....	52
Gambar 3.20 (a) skema pengukuran kuat arus, (b) skema pengukuran tegangan.	55
Gambar 3.21 Diagram alir .....	58
Gambar 4.1 Grafik Arus Listrik pada Microbial Fuel Cell dengan Luas Elektrode 30 cm <sup>2</sup> .....	60
Gambar 4.2 Grafik Arus Listrik pada Microbial Fuel Cell dengan Luas Elektrode 40 cm <sup>2</sup> .....	63
Gambar 4.3 Grafik Arus Listrik pada Microbial Fuel Cell dengan Luas Elektrode 60 cm <sup>2</sup> .....	64
Gambar 4.4 Grafik Arus Listrik <i>Microbial Fuel Cell</i> Variasi Jenis dan Luas Elektrode .....	65
Gambar 4.5. Grafik Tegangan Listrik pada <i>Microbial Fuel Cell</i> Luas Elektrode 30 cm <sup>2</sup> .....	67
Gambar 4.6 Grafik Tegangan Listrik pada <i>Microbial Fuel Cell</i> Luas Elektrode 40 cm <sup>2</sup> .....	69
Gambar 4.7 Grafik Tegangan Listrik pada <i>Microbial Fuel Cell</i> Luas Elektrode 60 cm <sup>2</sup> .....	70
Gambar 4.8 Grafik hasil pengukuran nilai tegangan <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	71
Gambar 4.9 Grafik hasil pengukuran nilai <i>power density Microbial Fuel Cell</i> .	73