

**PENGARUH VARIASI ELEKTRODA DAN PENAMBAHAN EM4 PADA
SISTEM MICROBIAL FUEL CELL DENGAN SUBSTRAT LIMBAH
BUAH JERUK
TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh :

Anisa Fauziah

18106020018

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

2024

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1569/Un.02/DST/PP.00.9/08/2024

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Variasi Elektroda dan Penambahan EM4 pada Sistem Microbial Fuel Cell dengan Substrat Limbah Buah Jeruk

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANISA FAUZIAH
Nomor Induk Mahasiswa : 18106020018
Telah diujikan pada : Rabu, 21 Agustus 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Dr. Widayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66ca829d2ed82



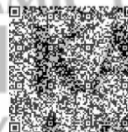
Penguji I
Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 66c986e21fc43



Penguji II
Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 66e9aa01400e2



Yogyakarta, 21 Agustus 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66cbfd093bf4f

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anisa Fauziah
NIM : 18106020018
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Pengaruh Variasi Elektroda Dan Penambahan Em4 Pada Sistem *Microbial Fuel Cell* Dengan Substrat Limbah Buah Jeruk" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kejarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 17 Juli 2024

Penulis



Anisa Fauziah
NIM. 18106020018

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : ANISA FAUZIAH
NIM : 18106020018
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Elektroda Dan Penambahan Em4 Pada Sistem Microbial Fuel Cell Dengan Substrat Limbah Buah Jeruk

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunculkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 17 Juli 2024

Pembimbing

Dr. Widayanti, S.Si., M.Si.
NIP. 19760526 200604 2 005

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

-When you feel like quitting, remember why you started.-

Skripsi ini dipersembahkan untuk :

Allah SWT

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Ibu , Bapak dan Ade tercinta dan tersayang

Fisika angkatan 2018 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Study Club Fisika Material UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Ibu Dr. Widayanti, S. Si., M.Si.

Semua teman yang mendukung

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warakhmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin puja puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Pengaruh variasi elektroda dan penambahan EM4 pada sistem Microbial Fuel Cell dengan substrat limbah buah jeruk”. Shalawat serta salam tidak lupa tercurahkan selalu kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para umatnya.

Alahamdulillah berkat dukungan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Karenanya penullis menyampaikan rasa terimakasih yang tulus kepada :

1. Kedua orangtua penulis, Bapak Kusriwan dan Ibu Yulis, beserta Adikku Ervan yang selalu memberikan support, motivasi dan doa-doanya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Ibu Anis Yuniati, Ph. D. selaku Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Widayanti, S. Si., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan pengarahan dalam pelaksanaan penulisan proposal penelitian ini.

4. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si. selaku dosen pendamping akademik yang membimbing dan memberikan pengarahan kepada penulis dari awal menjadi mahasiswa, serta sering memberikan masukan serta arahan bagi penulis.
5. Seluruh dosen program studi fisika yang pernah memberikan ilmu serta arahnya kepada penulis.
6. Zaim, Silva, Ocina, Meta, Imel, terima kasih telah saling mendukung, berkeluh kesah, dan memberikan semangat dan dukungan.
7. Teman-teman Fisika 18 terima kasih atas semangat, dukungan, bantuan, kritik, saran serta pengalaman yang telah diberikan.
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.
9. Diri sendiri sebagai penulis, terima kasih karena tidak menyerah dan terus berjuang.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu diharapkan kritik dan saran demi kemajuan dan peningkatan tugas akhir ini. Semoga penelitian ini bermanfaat untuk semuanya.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 25 November 2023

Penulis

**PENGARUH VARIASI ELEKTRODA DAN PENAMBAHAN EM4
PADA SISTEM MICROBIAL FUEL CELL DENGAN SUBSTRAT
LIMBAH BUAH JERUK**

**Anisa Fauiah
18106020018**

INTISARI

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah teknologi terbaru yang ramah lingkungan, dengan proses degradasi bahan organik maupun anorganik menggunakan mikroorganisme sebagai katalis sehingga menghasilkan energi listrik. Proses ini akan menghasilkan energi listrik yang berasal dari perbedaan (selisih) beda potensial listrik antara kedua elektroda dan menyebabkan elektron dapat mengalir dari anoda ke katoda melalui sirkuit eksternal. Elektron yang mengalir ke katoda akan ditangkap oleh ion kompleks yang memiliki elektron bebas (oksidan). Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, menganalisa sistem MFC yang menggunakan substrat buah jeruk dengan variasi jenis elektroda dan penambahan EM4. Variasi jenis elektroda yang dipakai yaitu Alumunium/Al dengan Tembaga/Cu dan Alumunium/Al dengan Zeng/Zn. Variasi penambahan EM4 25 ml, 50 ml, 75 ml. Prosedur penelitian ini terdiri dari persiapan, perancangan, pembuatan, pengambilan data, pengolahan data dan analisis data dari sistem MFC. Digunakan multimeter sebagai alat ukur arus dan tegangan listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Penggunaan varisai elektroda Al/Cu dan Al/Zn juga berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan. Semakin reaktif suatu logam maka semakin mudah mengalami oksidasi dalam melepas elektron. Nilai arus listrik maksimum yang dihasilkan selama pengujian sebesar 0,243 mA pada reaktor V yang menggunakan elektroda Al/Cu. Tegangan listrik maksimum yang dihasilkan selama pengujian sebesar 0,123 Volt pada reaktor V yang menggunakan elektroda Al/Cu. Sedangkan daya listrik maksimum yang dihasilkan selama pengujian sebesar 0,02891 mW pada reaktor V.

Kata kunci: Mirobial Fuel Cell, Elektroda, Alumunium, Tembaga, Zeng, Substrat, Limbah Jeruk, EM4

**THE EFFECT OF ELECTRODE VARIATION AND EM4
ADDITION ON MICROBIAL FUEL CELL SYSTEM WITH
ORANGE FRUIT WASTE SUBSTRATE**

**Anisa Fauziah
18106020018**

ABSTRAK

Microbial Fuel Cell (MFC) is the latest environmentally friendly technology, with the process of degradation of organic and inorganic materials using microorganisms as catalysts to produce electrical energy. . This process will produce electrical energy originating from the difference (difference) in electrical potential between the two electrodes and causing electrons to flow from the anode to the cathode through an external circuit. Electrons flowing to the cathode will be captured by complex ions that have free electrons (oxidants). This study aims to design, create, analyze an MFC system using citrus fruit substrates with variations in electrode types and the addition of EM4. Variations in the types of electrodes used are Aluminum/Al with Copper/Cu and Aluminum/Al with Zinc/Zn. Variations in the addition of EM4 25 ml, 50 ml, 75 ml. The procedure of this study consists of preparation, design, manufacture, data collection, data processing and data analysis from the MFC system. A multimeter is used as a measuring instrument for current and voltage. The results of the study showed that the use of variations in Al/Cu and Al/Zn electrodes also affected the electrical energy produced. The more reactive a metal is, the easier it is to oxidize in releasing electrons. The maximum electric current value generated during the test was 0.243 mA in reactor V using Al/Cu electrodes. The maximum electric voltage generated during the test was 0.123 Volts in reactor V using Al/Cu electrodes. While the maximum electric power generated during the test was 0.02891 mW in reactor V.

Keywords: *Microbial Fuel Cell, Electrode, Aluminum, Copper, Zinc, Substrate, Orange Waste, EM4.*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian	11
1.4 Batasan Masalah.....	11
1.5 Manfaat Penelitian	12
BAB II.....	13
TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Studi Pustaka.....	13
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 <i>Fuel Cell</i>	18
2.2.2 Microbial Fuel Cell	20
2.2.3 Jenis Microbial Fuel Cell	22
2.2.4 Prinsip Kerja MFC.....	25
2.2.5 Elektroda	28
2.2.6 Kompartemen Anoda dan Katoda.....	30
2.2.7 <i>Proton Exchange Membrane</i> (PEM).....	32
2.2.8 Substrat MFC	33
2.2.9 Mikroorganisme dalam MFC.....	35
2.2.10 EM4.....	37
2.2.11 Arus Listrik	39
2.2.12 Tegangan Listrik	40
2.2.13 Daya Listrik.....	41
BAB III	47
METODE PENELITIAN.....	47

4.1	Waktu dan Tempat Penelitian	47
3.3.1	Waktu Penelitian	47
3.3.2	Tempat Penelitian.....	47
4.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	48
4.3	Prosedur Penelitian.....	49
4.3.1	Persiapan Alat dan Bahan	50
4.3.2	Pembuatan MFC <i>Dual Chamber</i>	51
4.3.3	Pengambilan Data	52
4.3.4	Pengolahan Data.....	54
4.3.5	Analisis Hasil	54
BAB IV	.....	56
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	56
4.1	Hasil Penelitian	56
4.1.1	Hasil Perancangan Sistem MFC <i>Dual Chamber</i>	56
4.1.2	Hasil Pembuatan Sistem MFC Dual Chamber	57
4.1.3	Hasil Pengujian Sistem MFC Dual Chamber.....	57
4.2	Pembahasan.....	63
4.2.1	Perancangan dan Pembuatan Sistem MFC Dual Chamber	63
4.2.2	Pengujian Sistem MFC Dual Chamber	64
4.2.2.1	Arus dan Tegangan Sistem MFC Dual Chamber	64
4.2.2.2	Daya Listrik Sistem MFC Dual Chamber.....	68
BAB V	.....	69
PENUTUP	.....	69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran.....	70
Daftar Pustaka	.....	71
LAMPIRAN	.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Skema MFC <i>Dual Chamber</i>	5
Gambar 2. 1 Desain MFC <i>dual chamber</i>	22
Gambar 2. 2 Desain MFC <i>single chamber</i>	23
Gambar 2. 3 Desain MFC <i>stacked chamber</i>	24
Gambar 2. 4 Desain <i>up-flow</i> MFC	25
Gambar 2. 5 Kurva pertumbuhan mikroorganisme	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	49
Gambar 4. 1 Rancangan Sistem MFC Dual Chamber Pengukuran Arus	56
Gambar 4. 2 Rancangan Sistem MFC Dual Chamber Pengukuran Tegangan	56
Gambar 4. 3 Hasil Pembuatan Sistem MFC <i>Dual Chamber</i>	57
Gambar 4. 4 Arus Listrik Sistem MFC Dual Chamber Al/Cu.....	60
Gambar 4. 5 Arus Listrik Sistem MFC Dual Chamber Al/Zn	60
Gambar 4. 6 Tegangan Listrik Sistem MFC Dual Chamber Al/Cu.....	61
Gambar 4. 7 Tegangan Listrik Sistem MFC Dual Chamber Al/Zn	61
Gambar 4. 8 Daya Listrik Sistem MFC Dual Chamber Al/Cu	62
Gambar 4. 9 Daya Listrik Sistem MFC Dual Chamber Al/Zn	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Relevansi dan perbedaan studi pustaka.....	17
Tabel 2. 2 Jenis-jenis <i>Fuel Cell</i>	19
Tabel 2. 3 Perbandingan kondisi <i>Fuel Cell</i> dan MFC.....	21
Tabel 2. 4 Komposisi EM4.....	39
Tabel 3. 1 Alur Waktu Penelitian.....	47
Tabel 3. 2 Daftar Alat Penelitian.....	48
Tabel 3. 3 Daftar Bahan Penelitian.....	48
Tabel 3. 4 Pengukuran Arus.....	52
Tabel 3. 5 Pengukuran Tegangan.....	53
Tabel 4. 1 Arus Listrik Hasil Pengujian MFC <i>Dual Chamber</i>	58
Tabel 4. 2 Tegangan Listrik Hasil Pengukuran MFC <i>Dual Chamber</i>	58
Tabel 4. 3 Daya Listrik Sistem MFC <i>Dual Chamber</i>	59
Tabel 4. 4 Power Density Sistem MFC <i>Dual Chamber</i>	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak masa revolusi industri, manusia telah melepaskan lebih dari 2.000 gigaton karbon dioksida ke atmosfer, yang menciptakan efek rumah kaca yang menyimpan panas di bumi. Efek rumah kaca ini merupakan penyebab utama pemanasan global (Mulligan, James, 2018). Pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara, dan gas alam adalah sumber utama emisi karbon dioksida, menyumbang 87% dari peningkatan konsentrasi gas ini di udara. Selain itu, kegiatan industri seperti produksi semen, pembuangan limbah, dan penggunaan pupuk nitrogen juga berkontribusi signifikan terhadap emisi CO₂. Deforestasi dan penebangan hutan turut meningkatkan emisi karbon karena kehilangan pohon yang berfungsi sebagai penyerap CO₂ alami dari atmosfer (pgnlng.co.id). Kondisi ini memicu terjadinya kerusakan di bumi, telah dijelaskan dalam firman Allah SWT dalam QS. Al-A'raf/7:56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”

Dan janganlah kalian merusak bumi dengan menghancurkan bangunan, membunuh hewan, menebang pohon, atau mengeringkan sungai. Kerusakan juga termasuk kekafiran terhadap Allah, terjerumus dalam kemaksiatan, dan tidak mematuhi aturan syariat yang telah ditetapkan setelah Allah memperbaikinya melalui pengutusan para Rasul, penurunan kitab-kitab-Nya, dan penetapan syariat. Allah telah memperbaiki bumi dengan ajaran-Nya dan pembangunan yang dilakukan oleh orang-orang beriman. Maka berdoalah kepada Allah dengan penuh rasa takut akan hukuman-Nya dan berharap pada pahala-Nya. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik. Jadilah kalian orang-orang yang baik (Ibnuumar.sch.id).

Ayat ini memberikan larangan kepada umat manusia untuk melakukan kerusakan di bumi setelah Allah memperbaikinya. Kerusakan ini bisa merujuk pada berbagai bentuk kerusakan, termasuk kerusakan lingkungan, sosial, atau moral. Menjaga bumi dan memelihara keseimbangannya adalah hal yang sangat penting. Allah telah menciptakan bumi dalam keadaan yang baik dan bermanfaat, sehingga umat manusia harus menjaga dan memeliharanya. Kerusakan yang dilakukan setelah perbaikan bumi dianggap sebagai tindakan yang tidak sesuai dengan prinsip-prinsip iman. Menghindari kerusakan dan menjaga kebaikan di bumi dianggap sebagai tindakan yang lebih baik bagi orang-orang yang beriman. Ini menunjukkan

bahwa iman tidak hanya mempengaruhi hubungan individu dengan Allah tetapi juga tanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat. Frasa "memperbaiki bumi" bisa diartikan sebagai tindakan Allah yang menciptakan bumi dalam keadaan yang baik dan sesuai untuk kehidupan. Menjaga bumi dalam keadaan baik dan tidak merusaknya adalah bagian dari tanggung jawab manusia sebagai khalifah di bumi. Selain aspek lingkungan, ayat ini juga mengandung pesan moral dan sosial. Merusak tatanan sosial dan moral juga termasuk dalam kerusakan bumi yang dilarang. Oleh karena itu, tindakan-tindakan yang membawa dampak negatif pada masyarakat dan moral juga bisa dianggap sebagai bentuk kerusakan yang dilarang (Islam.nu.or.id).

Beberapa upaya yang sudah dilakukan untuk mengurangi emisi CO₂ adalah menghemat penggunaan energi, atau konservasi energi, pemanfaatan CCS (*Carbon Dioxide Capture and Storage*) dan diversifikasi energi atau penggantian bahan bakar dengan energi lain. CCS (*carbon Dioxide Capture and Storage*) merupakan teknologi yang berupaya untuk menangkap CO₂ dan menyimpannya pada cekungan dibawah permukaan bumi. Di Indonesia teknologi CCS merupakan alternatif untuk mencapai tingkat pengurangan Gas Rumah Kaca (GRK) yang tidak mungkin tercapai bila menggunakan alternatif pengurangan GRK yang lain. Penerapan teknologi CCS sangat mahal, tetapi relatif murah untuk negara maju yang tidak mungkin untuk meningkatkan efisiensi maupun memanfaatkan energi terbarukan. Alternatif lainnya yakni konservasi energi atau penggantian bahan bakar dengan energi

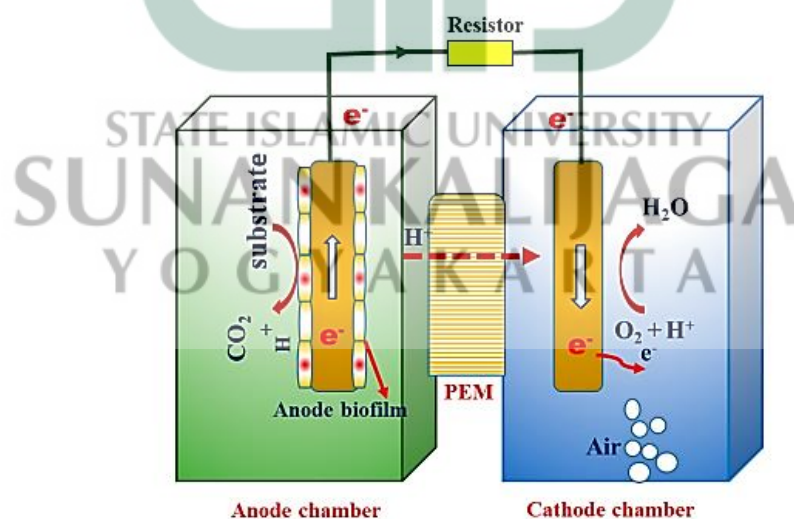
lain, bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar yang mempunyai kandungan karbon tinggi dengan jenis energi yang mempunyai kandungan karbon rendah atau tanpa kandungan karbon (Samiaji, 2009).

Biomasa mempunyai kandungan karbon yang cukup tinggi, tetapi CO₂ yang dihasilkan dapat dihisap kembali oleh tanaman yang sedang tumbuh sehingga emisinya dianggap 0 atau tanpa emisi. Hal ini disebabkan pohon dianggap merupakan zink atau penyerap CO₂ hanya pada masa pertumbuhan (0 sampai 12 tahun), sehingga pemotongan pohon dianggap bagian dari penciptaan zink. Salah satu jenis biomassa yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil adalah biomassa mikroorganisme. Biomassa mikroorganisme akan melakukan aktivitas metabolisme dengan memanfaatkan bahan organik untuk menghasilkan metabolit, termasuk energi atau *Adenosina Trifosfat* (ATP). Menurut Nelson dkk., (2004) metabolisme tidak hanya menghasilkan ATP, tetapi juga elektron (pada proses transport elektron). Elektron yang dihasilkan akan ditangkap oleh *Terminal Elektron Acceptor* (TEA) seperti O₂, nitrat dan sulfat (Logan, 2008).

Mikroorganisme dapat menghasilkan listrik yang berasal dari proses metabolisme dalam tubuhnya. Zahara (2011) membuktikan bahwa aktivitas bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dalam substrat glukosa menghasilkan kuat arus dan tegangan sebesar 224 mikroampere (μA) dan 196 milivolt (mV). Kondisi ini memungkinkan elektron dari metabolisme

mikroorganisme dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Menurut Kristin (2012) kemampuan elektron hasil metabolisme mikroorganisme untuk dialirkan menuju anoda pada kondisi anerob memungkinkan terjadinya konversi elektron menjadi energi listrik melalui bantuan sel galvanik. Penerapan sel galvanik sudah mulai diterapkan pada media *Microbial Fuel Cell* (MFC) (Logan, 2008).

MFC merupakan sistem untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan mikroorganisme berbasis sel elektrokimia. MFC atau sel elektrokimia berbasis mikroba adalah sel bahan bakar bahan organik yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai sumber energi untuk aktivitas metabolisme. MFC menggunakan mikroorganisme sebagai katalis untuk mengubah energi kimia dalam bahan organik menjadi energi listrik (Ibrahim dkk., 2014)



Gambar 1. 1 Skema MFC *Dual Chamber* (Rahmani dkk., 2020)

MFC terdiri dari ruang anoda yang berisi substrat dan ruang katoda yang berisi elektrolit. Di antara ruang tersebut diberi mediator yaitu membran penukar proton PEM (*Proton Exchange Membrane*), seperti *nafion*, *ultrex*, atau jembatan garam (Logan dkk, 2006). Substrat yang berada diruang anoda berfungsi sebagai nutrisi mikroba dalam bejana anoda. Bahan organik yang sering digunakan sebagai substrat adalah glukosa, bahan limbah industri POME (*Palm Oil Mill Effluent*), limbah sayur, limbah buah, limbah cair pemotongan hewan, limbah air perikanan. Jenis mikroba yang sering digunakan adalah, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Escherichia coli*, dan beberapa variasi mikroba dalam EM4 (*Effective Microorganism*). Kemudian elektroda yang sering digunakan adalah karbon, alumunium, besi, tembaga, dan kombinasi dua material Zn-C, Zn-Cu. Skema MFC *Dual Chamber* ditunjukkan pada Gambar 1.1 (Latif dkk., 2020).). Penggunaan jenis MFC *Dual Chamber* dapat menghasilkan daya listrik lebih besar dibandingkan jenis MFC yang lain. Kusuma Dewi dkk., (2020) melakukan penelitian dengan menggunakan tiga jenis MFC yang berbeda, *Single Chamber*, *Double Chamber* dengan Nafion dan *Double Chamber* dengan jembatan garam. Dari ketiga jenis tersebut dihasilkan daya listrik paling tinggi pada MFC *Dual Chamber* dengan jembatan garam.

Pada penelitian Permana dkk., (2013) disimpulkan bahwa kinerja MFC masih tergolong rendah karena disebabkan hambatan internal yang besar dan terjadinya polarisasi. Dengan penggunaan mikroba *Acetobacter*

aceti yang digunakan pada substrat, diperlukan waktu sekitar 6 bulan untuk pemeliharaan kultur dan penanganan khusus seperti harus disimpan pada kultur tertentu atau disimpan dalam agar. Agar sering digunakan dalam unsur penyusunan media pertumbuhan mikroba karena agar lebih unggul dan mikroba dapat tumbuh dengan lebih stabil, serta lebih mudah dilakukan pengamatan karena bentuknya yang jelas pada media. Oleh karena itu, sistem *Microbial Fuel Cell* masih perlu untuk dilakukan pengembangan supaya dapat menghasilkan potensi listrik yang lebih optimal, seperti variasi substrat, jenis elektroda dan jenis mikroba.

Latif dkk., (2020) melakukan penelitian dengan menggunakan berbagai macam limbah buah sebagai substrat dan penambahan EM4 pada MFC, penggunaan mikroba EM4 hanya memerlukan proses sederhana dalam penanganannya dan tidak membutuhkan waktu yang lama. EM4 merupakan kultur campuran dari beberapa mikroba yang akan menguraikan material organik pada substrat sehingga pembentukan elektron yang terjadi akan semakin cepat dan potensial listrik yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hasil penelitian MFC Latif dkk., (2020) menggunakan limbah buah didapatkan bahwa substrat menggunakan limbah buah jeruk menghasilkan potensial kelistrikan yang besar dari limbah buah lainnya, dengan tegangan sirkuit terbuka 805 mV, rapat arus 661 mA/m², dan rapat daya 62 mW/m².

Limbah buah-buahan merupakan salah satu limbah organik yang memiliki kandungan glukosa yang cukup besar, sehingga dapat diuraikan dengan spontan oleh sistem MFC menjadi energi listrik. Buah yang dipakai

bukan buah yang masih bagus dan segar, tetapi buah-buah yang sudah tidak layak jual atau hampir busuk. Limbah buah-buahan yang dianggap sampah oleh masyarakat masih mengandung material organik sederhana (glukosa) yang berpotensi digunakan sebagai sumber makanan bagi bakteri pada *Microbial Fuel cell*. Glukosa adalah substrat yang biasa digunakan dalam eksperimen MFC karena mudah dioksidasi oleh mikroba sehingga produksi listrik dari sistem MFC dapat meningkat (Kim dkk., 2000). Glukosa pada limbah buah berperan sebagai sumber energi dalam mikroba yang bersifat spontan, artinya lebih mudah untuk dimakan (Dwi Utari, 2014

Ibrahim dkk., (2017) melakukan variasi elektroda dengan menggunakan yaitu alumunium, besi, karbon grafit. Hasil yang didapatkan dengan pengukuran elektrisitas menunjukkan bahwa elektroda terbaik yang mampu menghasilkan rataan elektrisitas tertinggi adalah alumunium (0,23 V) dan karbon grafit (0,19 V). Perlakuan elektroda alumunium dengan karbon grafit menghasilkan nilai rata-rata elektrisitas paling besar dibanding besi yaitu 0,34 V.

Listrik yang dihasilkan besar karena adanya perbedaan sifat kereaktifan dan nilai dari masing-masing jenis elektroda yang digunakan. Scott dkk., (2007) menyatakan bahwa semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta menandakan bahwa logam semakin mudah melepas elektron dan merupakan reduktor yang kuat, dan posisi alumunium lebih kiri dari besi pada deret volta. Sifat kereaktifan dari masing-masing elektroda

pada sistem MFC ini menyediakan luasan yang lebih besar untuk kontak bakteri dalam mentransfer elektron ke elektroda dan memberikan efek pada energi listrik yang dihasilkan.

Ramdhani dan Mursadin, (2020) juga melakukan variasi elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) pada MFC yang dilakukan menggunakan substrat limbah air rebusan mie instan yang diinkubasi selama 3 hari dengan variasi Elektroda Cu-Cu, Zn-Zn, Cu-Zn, Zn-Cu, menghasilkan kuat arus dan tegangan yang berbeda yang diukur sebanyak 12 kali selama 12 jam. Dengan kombinasi elektroda seng dan tembaga (Zn-Cu) menghasilkan perolehan listrik yang lebih besar dari kombinasi elektroda yang lain. Kombinasi elektroda tembaga dan seng (Cu-Zn) menghasilkan perolehan listrik paling rendah dan tidak dapat digunakan sebagai kombinasi elektroda. Pada elektroda Cu-Cu yang didapat adalah 313 mA dan 498 mV, pada elektroda Zn-Zn yang didapat adalah 106 mA dan 100 mV, pada elektroda Zn-Cu yang didapat adalah 1393 mA dan 941 mV. Pada nilai kuat arus dan tegangan terus mengalami penurunan tiap jam saat pengukuran dilakukan. Penurunan terjadi karena alat terus digunakan sehingga energi pada elektron berkurang. Peningkatan juga terjadi pada alat yang menggunakan aerator yang diletakkan pada bagian katoda. Aerator digunakan sebagai pemasok oksigen tambahan pada bagian katoda. Oksigen berperan sebagai akseptor elektron yang berpengaruh langsung dengan keluaran daya listrik yang dihasilkan.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, menunjukkan bahwa dengan menggunakan elektroda Al, Cu, Zn dapat menghasilkan daya listrik yang tinggi. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta menandakan bahwa logam semakin mudah melepaskan elektron (mudah mengalami reaksi oksidasi) dan merupakan reduktor yang kuat (Ibrahim dkk, 2017). Peneliti melakukan variasi elektroda Al-Cu dan Al-Zn pada sistem MFC *Dual Chamber* dengan menggunakan substrat limbah buah jeruk dengan penambahan mikroba EM4 pada substrat sebagaimana sudah dilaksanakan oleh Latif (2020). Parameter yang digunakan pada penelitian yakni kuat arus (I), tegangan (V), dan daya listrik (Watt). (menurut deret volta dan beberapa penelitian)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem Microbial Fuel Cell dengan menggunakan substrat limbah buah jeruk.
2. Bagaimana pengaruh dari variasi elektroda pada sistem Microbial Fuel Cell terhadap produksi listrik yang dihasilkan.
3. Bagaimana pengaruh penambahan EM4 pada substrat terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Elektroda dan penambahan EM4 pada Sistem Microbial Fuel Cell dengan Substrat Limbah Buah Jeruk” memiliki tujuan yakni :

1. Merancang sistem Microbial Fuel Cell dengan substrat limbah buah jeruk.
2. Membuat sistem Microbial Fuel Cell dengan substrat limbah buah jeruk.
3. Menganalisis pengaruh dari variasi elektroda pada sistem Microbial Fuel Cell terhadap daya listrik yang dihasilkan.
4. Menganalisa pengaruh penambahan EM4 pada substrat terhadap produksi daya listrik yang dihasilkan.

1.4 Batasan Masalah

1. Jenis MFC yang digunakan pada media MFC adalah MFC Dual Chamber.
2. Jenis elektroda yang digunakan pada media MFC adalah Alumunium/Al (anoda) dengan Tembaga/Cu (katoda) dan Alumunium/Al (anoda) dengan Seng/Zn (katoda).
3. EM4 yang digunakan akan divariasikan volumenya.

4. Larutan elektrolit yang digunakan yaitu Kalium Permanganat (KmnO_4) dengan konsentrasi 0,2 M.
5. Substrat yang digunakan pada sistem MFC adalah limbah buah jeruk.
6. Parameter yang diukur adalah arus, tegangan dan daya listrik.
7. PEM yang digunakan adalah jembatan garam.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai sumber pengetahuan dalam pengolahan limbah organik masyarakat. Dengan sistem Microbial Fuel Cell (MFC) dapat berguna untuk pengembangan energi alternatif terbarukan yang ramah terhadap lingkungan dengan pembuatan desain MFC yang lebih murah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem MFC Dual Chamber dirancang dengan menggunakan limbah buah jeruk sebagai substrat dan Alumunium sebagai elektoda pada chamber anoda sedangkan Tembaga, Seng digunakan sebagai elektroda pada chamber katoda. MFC Dual Chamber diukur secara seri dan pararel untuk mengukur nilai arus dan tegangan.
2. Sistem MFC Dual Chamber telah berhasil dibuat dengan menggunakan limbah buah jeruk, limbah buah jeruk mengandung glukosa yang berguna sebagai makanan mikroorganisme EM4. Sehingga mikroorganisme pada chamber anoda dapat menghasilkan energi yang mempengaruhi besarnya nilai arus dan tegangan yang dihasilkan.
3. Penggunaan varisai elektroda Al/Cu dan Al/Zn juga berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan. Semakin reaktif suatu logam maka semakin mudah mengalami oksidasi dalam melepas elektron. Nilai arus listrik maksimum yang dihasilkan selama pengujian sebesar 0,243 mA pada reaktor V yang menggunakan elektroda Al/Cu. Tegangan listrik maksimum yang dihasilkan selama pengujian sebesar

0,123 Volt pada reaktor V yang menggunakan elektroda Al/Cu. Sedangkan daya listrik maksimum yang dihasilkan selama pengujian sebesar 0,02891 mW pada reaktor V. Dapat disimpulkan variasi elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik paling besar adalah Al/Cu.

4. Penambahan mikroorganisme EM4 pada substrat berpengaruh terhadap energi listrik. Selama pengujian dengan berbagai variasi penambahan EM4 menghasilkan nilai arus dan tegangan maksimum sebesar 0,243 mA dan 0,123 Volt. Dari hasil pengukuran dapat disimpulkan penambahan mikroorganisme berpengaruh terhadap produksi energi listrik.

5.2 Saran

Saran-saran penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Memperbesar volume chamber pada penelitian.
2. Memvariasi panjang jembatan garam pada sistem MFC Dual Chamber.
3. Menambahkan variasi jenis mikroorganisme pada sistem MFC Dual Chamber.
4. Menambahkan variasi larutan elektrolit yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Abdillah, Mujiono. 2001. *Agama Ramah Lingkungan Perspektif Al-Qur`an*, Jakarta: Paramadina.
- Amah, Nik., & Widhianningrum, Purweni. 2017. *Pengurangan emisi CO₂ melalui ruang terbuka hijau*. Universitas PGRI Madiun.
- Behera, M., Jana, P. S., More, T. T., and Ghangrekar, M. M. 2010. *Rice mill wastewater treatment in microbial fuel cells fabricated using proton exchange membrane and earthen pot at different pH*. Journal of Bioelectrochemistry. 79: 228-233.
- Binti Ardi, Suriana. 2020. *Utilization Of Microbial Fuel Cell (Mfc) Systems Using Lactobacillus Plantarum With Sago Bags (Metroxylon) Substrate*.
- Das and Mangwani 2010. *Recent developments in microbial fuel cells : a review*. Scientific & Industrial Research 69: 727-731.
- Du, Z., Li, H., and Gu, T. 2007. *A state of the art review on microbial fuel cell; a promising technology for wastewater treatment and bioenergy*. Journal Biotechnology Advances. 25: 464-482.
- Emisi Karbon.. *PGN LNG*. Terakhir diubah November 21, 2023. <https://pgnlng.co.id/berita/wawasan/emisi-karbon/>.
- Ibnu Umar. "Tafsir Al-Muyasar Surat Al-A'raf 51-60." Terakhir diubah 9, 2016. <https://ibnuumar.sch.id/tafsir-al-muyasar-surat-al-araf-51-60/>.
- Ibrahim, B., Suptijah, P. dan Rosmalawati, S., 2014. *Kinerja rangkaian seri sistem microbial fuel cell sebagai penghasil biolistrik dari limbah cair perikanan*.
- Ibrahim, Bustami., Suptijah, Pipih., & Adjani, Z. N. 2017. *Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik Dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada Limbah Cair Industri Perikanan*. Journal of Bogor Agricultural University (Vol. 20, No. 2)
- Idham F, Halimi S, dan Latifah S. 2009. *Alternatif baru sumber pembangkit listrik dengan menggunakan sedimen laut tropika melalui teknologi microbial fuel cell*. Institut Pertanian Bogor. 2009.
- Idham F., Halimi, S., dan Latifah S. 2009. *Alternatif Baru Sumber Pembangkit Listrik dengan Menggunakan Sedimen Laut Tropika Melalui*

Teknologi Microbial Fuel Cell. Program Kreativitas Mahasiswa.
Bogor : Institut Pertanian Bogor.

- Iqra.republika.co.id, “*Al-Qur’an Surat Al-Ahqaf ayat 3*”,
<https://www.republika.co.id/alquran/surah/46/alahqaf> (Diakses 15 Juli 2023).
- Islam NU. “Tafsir Surat Al-A'raf Ayat 56 tentang Larangan Merusak Lingkungan.” Terakhir diubah August 24, 2023.
<https://islam.nu.or.id/tafsir/tafsir-surat-al-a-raf-ayat-56-tentang-larangan-merusak-lingkungan-Ez5WD>.
- Kim J. R., Cheng, S., Oh, S., and Logan B. E. 2007. *Power generation using different cation, anion, and ultrafiltration membranes in microbial fuel cells*. Journal of Environmental Science and Technology. 41 (3): 1004-1009.
- Kim JR, Booki M, Bruce EL. 2005. *Evaluation of procedures to acclimate a microbial fuel cell for electricity production*. Applied Microbial Biotechnology. 68: 23-30.
- Kim, I. S., Chae, K., Choi, M., and Vestraete, W. 2008. *Microbial fuel cells: recent advances, bacterial communities and application beyond electricity generation*. Journal of Environmental Engineering Research. 13 (2): 51-65.
- Kim, Y., Park S., Won K., Kim, H. J., and Lee, S. H. 2013. *Bacterial cellulose-carbon nanotube composite as a biocompatible electrode for the direct electron transfer of glucose oxidase*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 88 (6): 1067- 1070.
- Kristin, E. 2012. *Produksi Energi Listrik melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe*.
- Kurniati, E., Haji, A. T. S., & Permatasari, C. A. (2020). *Pengaruh Penambahan EM4 Dan Jarak Elektroda Terhadap Listrik Yang Dihasilkan MFC (Air Lindi)*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 6(3), 19-30
- Kurniawati, L., dan Sanjaya, I G. M. 2013. *Pengaruh jenis baketri selulotik terhadap efisiensi sel bakar mikroba*. UNESA Journal of Chemistry. 2 (2): 17-22.
- Kusuma Dewi, Ni Putu, Susanto, R., and Andayani, L. 2020. *"Potensi Limbah Tahu untuk Menghasilkan Listrik Pada Tiga Model Sistem Microbial Fuel Cell."* .Jurnal Teknologi Energi.

- Ladewig, B., Jiang, S. P., and Yan, Y. 2015. *Material for Low-Temperature Fuel Cell*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Larminie J and Dicks A. 2000. *Fuel Cell System Explained. 1st ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.*
- Latif, M., Fajri, A. D., & Muharam, M. (2020). *Penerapan sampah buah tropis untuk microbial fuel cell*. Jurnal Rekayasa Elektroika, 16(1).
- Liang, P., Huang X., Fan M., Cao, X., and Wang, C. 2007. *Composition and distribution of internal resistance in three types of microbial fuel cells*. Journal of Applied Microbiology and Biotechnology. 77 : 551-558.
- Liu, H., Cheng, S., & Logan, B. E. (2005). *Production of electricity from acetate or butyrate using a single-chamber microbial fuel cell*. Environmental science & technology, 39(2), 658-662.
- Logan, B. E. 2008. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Logan, B. E., and Regan, J. M. 2006. *Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells*. Journal Trends in Microbiology. 4 (12): 512-518.
- Maman, S. 1994. *EM4 Mikroorganisma Yang Efektif*. Sukabumi: KTNA.
- Martin S S dan Patricia A. (2011). *Chemistry: the Molecular Nature of Matter and Change 7th edition*. McGraw-Hill.
- Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Nurhakim, M. A., Kusdiyantini E., dan Raharjo B. 2016. *Penggunaan Substrat Glukosa Berbagai Konsentrasi sebagai Sumber Karbon Microbial Fuel Cell Saccharomyces cerevisiae untuk Menghasilkan Energi Listrik*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Permana, Dani, dkk. 2013. "Evaluasi penggunaan metilen biru sebagai mediator elektron pada microbial fuel cell dengan biokatalis Acetobacter aceti." Molekul 8.1 (2013): 78-88.
- Prapti Ira, D. 2019. "Peran Mikroorganisme EM4 Pada Reaktor Microbial Fuel Cell Dengan Sistem Double Chamber.". Jurnal Teknologi Energi.
- Pratama, Rakha Edria, Tatun Hayatun Nufus, and Isnanda Nuriskasari. "Produksi Biolistrik Sistem MFC Membraneless Single Chamber Air Cathode

Dengan Variasi Anoda." Seminar Nasional Teknik Mesin. Vol. 11. No. 1. 2021.

- Puspadewi Ririn, S.Si.,dkk.2011. *Aktivitas Metabolit Bakteri Lactobacillus plantarum dan Perannya dalam Menjaga Kesehatan Saluran Pencernaan.* Konferensi Nasional Sains dan Aplikasinya Universitas Jenderal Achmad Yani.
- Rabaey, K., and Verstraete, W. 2005. *Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation.* Journal Trends in Biotechnology. 23 (6): 291-298.
- Rahmani, Ali Reza. *Effect of different concentrations of substrate in microbial fuel cells toward bioenergy recovery and simultaneous wastewater treatment.* Environmetal Thechnology.
- Ramadhani, Muhammad Islam, and Aqli Mursadin Mursadin. *"The Effect Of Copper Electric And Zinc Variations On The Productivity Of Microbial Fuel Cell (Mfc) Electrical Waste Substrates In Liquid Water Waste Instant Noodles."* Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika 5.1 (2020): 23-36.
- Rojas Flores, J., Martínez, A., and García, L. 2020. *"Using Lime (Citrus × Aurantiifolia), Orange (Citrus × Sinensis), and Tangerine (Citrus Reticulata) Waste as a Substrate for Generating Bioelectricity."* Journal of Renewable Energy.
- Sari, Desvita., Linda Suyati., Didik Setiyo Widodo. *"Pengaruh Buffer Kalium Fosfat dan Natrium Fosfat terhadap Produksi Listrik dalam Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) dengan Lactobacillus bulgaricus pada Whey Tahu"*.Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi19 , no. 3 (2016): h. 107 – 110.
- Scott K, Rimbu GA, Katuri KP, Prasad KK, Head IM. 2007. *Application of modified carbon anodes in microbial fuel cells.* International Chemical Engineers. 85(5):481-488.
- Scott, K., and Murano C. 2007. *Microbial fuel cells utilizing carbohydrates.* Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 82: 92-100.
- Sengodan, P., and Hays B. D. 2012. *Microbial Fuel Cell. National Petroleum Council (NPC) Study.* Texas: Texas A&M University.
- Shukla, A. K., Suresh, P., Berchmans, S., and Rajendran, A. 2004. *Biological fuel cell and their application.* Current Science. 87 (4): 455-468.

- Sitorus, B. 2010. *Diversifikasi sumber energi terbarukan melalui penggunaan air buangan dalam sel elektrokimia berbasis mikroba*. Jurnal ELKHA. 2 (1): 10-14.
- Sumarsih, S. 2003. *Mikrobiologi Dasar*. Yogyakarta: Fakultas Pertanian UPN Veteran.
- Surat Al-A'raf, ayat 56. *Al-Qur'an*. Terjemahan oleh M. Quraish Shihab. Penerbit Pustaka, 2020.
- Surung, M. Y., 2008. *Pengaruh Dosis EM4 (Effective Microorganism-4) dalam Air Minum Terhadap Berat Badan Ayam Buras*. Jurnal Agrisistem, Vol 4.4.
- Utari, N. D., Istirokhatun, T., & Hadiwidodo, M. (2014). *Pemanfaatan Limbah Buah Buahan Sebagai Penghasil Energi Listrik dengan teknologi Microbial Fuel Cell (Variasi Penambahan ragi dan Asetat)* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Zahara. 2010. *Utilization of Saccharomyces cerevisiae in Microbial Systems Fuel Cell For Electrical Energy Production*.

