

**STUDI POTENSI BIO-LISTRIK MELALUI *PLANT*
MICROBIAL FUEL CELL DENGAN VARIASI
ELEKTRODA DAN KELEMBABAN TANAH**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S-1
Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



Oleh :

Silva Damayanti

18106020038

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

2023



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-269/Un.02/DST/PP.00.9/01/2023

Tugas Akhir dengan judul : Studi Potensi Bio-Listrik melalui Plant Microbial Fuel Cell dengan variasi elektroda dan kelembaban tanah.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SILVA DAMAYANTI
Nomor Induk Mahasiswa : 18106020038
Telah diujikan pada : Rabu, 18 Januari 2023
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: 63d33f07a29ec



Penguji I

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si

SIGNED

Valid ID: 63d2077a4103c



Penguji II

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 63d337cbe86e0



Yogyakarta, 18 Januari 2023

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 63d34bbe92fd6



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 : SILVA DAMAYANTI

NIM : 18106020038

Judul Skripsi : STUDI POTENSIAL BIO-LISTRIK MELALUI PLANT MICROBIAL FUEL
CELL DENGAN VARIASI ELEKTRODA DAN KELEMBABAN TANAH

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 dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 09 Januari 2023

Pembimbing

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

NIP. 19760526 200604 2 005

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Silva Damayanti
NIM : 18106020038
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi Potensial Bio-Listrik melalui *Plant Microbial Fuel Cell* dengan variasi elektroda dan kelembaban tanah” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan 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.

Yogyakarta, 11 Januari 2023

Penulis



Silva Damayanti
18106020038

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(Q.S Ar-Rahman [55] ayat 13)

Skripsi ini dipersembahkan untuk :

Allah SWT

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Mamah, Papah, Aa 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

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, puji syukur penulis panjatkan kepada sang pencipta alam semesta beserta isinya, Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan proposal penelitian dengan judul “Studi Potensial Bio-Listrik melalui *Plant Microbial Fuel Cell* dengan variasi elektroda dan kelembaban tanah”. Tak lupa, shalawat beserta salam selalu tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan tabi'in tabi'atnya, serta semoga kita mendapatkan syafaatnya di *yaummulqiyamah*, aamiin.

Pelaksanaan dan penyusunan proposal penelitian ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Mamah dan Papah, yang selalu support dalam segala bentuk dukungan, semangat, motivasi dan perhatian yang tak terhingga.
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 dengan sabar dan bimbingan penuh dalam pelaksanaan penulisan proposal penelitian ini.
4. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si. selaku dosen pendamping akademik yang membimbing penulis dari awal masuk ke perguruan tinggi.

5. Seluruh dosen program studi fisika yang pernah memberikan ilmu serta arahnya kepada penulis.
6. *Group* rumpi yang terus saling mendukung, memberi semangat, berbagi keluh kesah, waktu dan ilmu yaitu Meta, Imel, Anisa, Zaim, Icak, Rai, Rini dan tak lupa Citra serta Putri.
7. Kafiyah Hakim Nur yang selalu memberikan *support* dalam bentuk apapun.
8. Rekan-rekan Fisika Material yang selalu berbagi ilmu dan memberi dukungan satu sama lain.
9. Teman-teman Fisika 18 yang sangat luar biasa, menemani keluh kesah dari awal menjadi mahasiswa.
10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.
11. Diri sendiri sebagai penulis, yang berhasil berjuang melawan rasa malas dan suntuk.

Demikian penulis menyadari adanya keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, sehingga proposal penelitian ini masih terdapat banyak keterbatasan serta kekurangan. Dengan senang hati penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga proposal ini dapat bermanfaat dan memberikan wawasan bagi penulis khususnya, serta pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 10 Januari 2023

Penulis

Studi Potensial Bio-Listrik melalui
***Plant Microbial Fuel Cell* dengan variasi**
elektroda dan kelembaban tanah

Silva Damayanti
18106020038

INTISARI

Plant Microbial Fuel Cell (PMFC) merupakan suatu inovasi pemanfaatan mikroorganisme pada tanaman hias yang aktif berfotosintesis. Prinsip kerja PMFC adalah penguraian molekul karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$) pada akar dari hasil fotosintesis oleh bakteri mikroba secara anaerobik menjadi karbon dioksida, proton, dan elektron. PMFC menghasilkan listrik dengan bantuan elektroda dan kondisi tanah yang mengandung banyak bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat serta menganalisis sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dengan variasi jenis elektroda dan kelembaban tanah. Variasi jenis elektroda yang dipakai yakni Aluminium/Al (anoda) dengan Tembaga/Cu (katoda) dalam pot I dan Aluminium/Al (anoda) dengan Zeng/Zn (katoda) dalam pot II. Prosedur penelitian ini dibagi menjadi lima tahapan, yakni persiapan, perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis data dari sistem PMFC. Digunakan multimeter serta soil meter sebagai alat ukur arus, tegangan listrik dan kelembaban tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai arus dan tegangan listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan aktivitas fotosintesis pada tanaman. Selain itu, jenis elektroda yang digunakan berpengaruh terhadap nilai arus, tegangan dan daya listrik yang dihasilkan. Nilai kelembaban tanah dalam kondisi tanah WET ditandai dengan daya listrik rata-rata sebesar 0,0092295 mW, sedangkan kondisi tanah MOIST ditandai adanya daya listrik rata-rata sebesar 0,007363143 mW. Semakin reaktif elektroda yang digunakan pada anoda maka semakin besar jumlah elektron yang ditangkap pada elektroda sehingga semakin besar energi listrik yang dihasilkan, sedangkan pada katoda semakin kurang reaktif semakin besar energi listrik yang dihasilkan dengan metode PMFC.

Kata kunci : PMFC, Energi Listrik, Elektroda, Kelembaban Tanah, Tanaman

**Study of Bio-Electricity Potency through the
Plant Microbial Fuel Cell with electrode
and soil moisture variations**

**Silva Damayanti
18106020038**

ABSTRACT

*Plant Microbial Fuel Cell (PMFC) is an innovation in utilizing microorganisms in ornamental plants that are actively photosynthesizing. The working principle of PMFC is the decomposition of carbohydrate molecules ($C_6H_{12}O_6$) in the roots from photosynthesis by microbial bacteria anaerobically into carbon dioxide, protons, and electrons. PMFC produces electricity with the help of electrodes and soil conditions that contain many bacteria. This research aims to design, make and analyze the PMFC system from Kadaka ornamental plants (*Asplenium Nidus*) with variations in electrode type and soil moisture. The variation of electrode types used are Aluminum/Al (anode) with Copper/Cu (cathode) in pot I and Aluminum/Al (anode) with Zeng/Zn (cathode) in pot II. This research procedure is divided into five stages, namely preparation, design, manufacture, testing, and data analysis of the PMFC system. Multimeter and soil meter were used as measuring instruments for measuring current, voltage and soil moisture. The results showed that the value of electric current and voltage produced is directly proportional to the photosynthetic activity of plants. In addition, the type of electrode used affects the value of current, voltage and electrical power produced. The value of soil moisture in WET soil conditions is characterized by an average electrical power of 0.0092295 mW, while MOIST soil conditions are characterized by an average electrical power of 0.007363143 mW. The more reactive the electrode used at the anode, the greater the number of electrons captured at the electrode so that the greater the electrical energy produced, while at the cathode the less reactive the greater the electrical energy produced by the P-MFC method.*

Keyword: PMFC, Electrical Energi, Electrodes, Soil Moisture, Plants

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Studi Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Energi	12
2.2.2 <i>Fuel Cell</i>	16
2.2.3 <i>Microbial Fuel Cell</i>	19
2.2.4 <i>Plant Microbial Fuel Cell</i>	24

2.2.5	Deret Volta	31
2.2.6	Elektroda	34
2.2.7	Tanaman Hias Kadaka (<i>Asplenium Nidus</i>)	32
2.2.8	Tanah	38
2.2.9	Tanah Humus	39
2.2.10	Kelembaban Tanah	44
2.2.11	Tegangan Listrik	45
2.2.12	Arus Listrik	46
2.2.13	Daya Listrik	47
BAB III METODE PENELITIAN		50
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	50
3.1.1	Waktu Penelitian	50
3.1.2	Tempat Penelitian	50
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	50
3.3	Prosedur Penelitian	51
3.3.1	Persiapan Alat dan Bahan	53
3.3.2	Perancangan Sistem PMFC	53
3.3.3	Pembuatan Sistem PMFC	53
3.3.4	Pengujian Sistem PMFC	56
3.3.5	Pengolahan Data	57
3.3.6	Analisis Hasil Penelitian	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Hasil Penelitian	59
4.1.1	Hasil Perancangan Sistem PMFC	59

4.1.2 Hasil Pembuatan Sistem PMFC	61
4.1.3 Hasil Pengujian Sistem PMFC	61
4.2 Pembahasan	63
4.2.1 Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem PMFC	63
4.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem PMFC	65
4.2.2.1 Arus dan Tegangan PMFC	65
4.2.2.2 Daya Listrik PMFC	68
4.2.2.3 Nilai rata-rata energi listrik berdasarkan Kelembaban Tanah	69
BAB V PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Skema Kerja <i>Fuel Cell</i>	16
Gambar 2. 2	Skema Kerja <i>Microbial Fuel Cell</i>	21
Gambar 2. 3	Proses Reaksi Oksidasi	23
Gambar 2.4	Reaksi terang dan gelap pada fotosintesis	27
Gambar 2. 5	Reaksi terang pada fotosintesis	28
Gambar 2.6	Reaksi gelap pada fotosintesis	29
Gambar 2. 7	Sistem <i>Plant Microbial Fuel Cell</i>	31
Gambar 2. 8	Tanaman Hias Kadaka	37
Gambar 3. 1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	52
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem PMFC	54
Gambar 4.1	Rancangan Sistem PMFC untuk pengukuran arus	59
Gambar 4.2	Rancangan Sistem PMFC untuk pengukuran tegangan ..	59
Gambar 4.3	Hasil Pembuatan Sistem PMFC	60
Gambar 4.4	Arus Listrik yang di hasilkan Sistem PMFC	62
Gambar 4.5	Tegangan Listrik yang di hasilkan Sistem PMFC	62
Gambar 4.6	Daya Listrik yang di hasilkan Sistem PMFC	63

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Jenis-jenis <i>Fuel Cell</i> dengan senyawa kimia sebagai elektrolit	18
Tabel 2. 2	Perbandingan Kondisi Sistem <i>Fuel Cell</i> Biasa dengan <i>Microbial Fuel Cell</i>	20
Tabel 2. 3	Penggunaan Berbagai Jenis Substrat dan Mikroorganisme pada <i>Microbial Fuel Cell</i>	21
Tabel 2.4	Klasifikasi Tumbuhan Kadaka	37
Tabel 3. 1	Alur Waktu Penelitian	49
Tabel 3. 2	Daftar Alat Penelitian	51
Tabel 3. 3	Daftar Bahan Penelitian	51
Tabel 3. 4	Parameter yang di ukur oleh multimeter	57
Tabel 3. 5	Parameter yang di ukur oleh soil meter	57
Tabel 4.1	Arus dan tegangan hasil pengujian sistem PMFC dan perhitungan daya	61
Tabel 4.2	Kelembaban dan pH tanah hasil pengujian sistem PMFC ...	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi semua orang. Listrik telah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat karena hampir setiap aktivitas masyarakat sangat tergantung pada ketersediaan energi listrik. Energi listrik memainkan peran penting dalam perkembangan ekonomi dan menjadi faktor penting yang menopang kesejahteraan rakyat (Han, 2004). Pada zaman sekarang listrik digolongkan sebagai kebutuhan pokok yang digunakan oleh empat kelompok pengguna energi listrik. Kelompok tersebut adalah kelompok rumah tangga, industri, bisnis, dan umum. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat atau mesin industri. Di beberapa bagian dunia, individu harus hidup dengan sedikit atau tanpa akses ke listrik yang telah mendorong para pengambil keputusan untuk mengambil tindakan besar dalam meningkatkan akses ke listrik secara global.

Tindakan ini penting mengingat fakta bahwa konsumsi energi modern mempercepat pertumbuhan ekonomi, mengurangi ketidaksetaraan, kemiskinan, serta polusi lingkungan dan konsumsi bahan bakar padat (Iniwakisikima, 2013). Persentase peningkatan konsumsi listrik tertinggi terjadi pada tahun 2016 yaitu sebesar 6,49 persen. Angka ini menunjukkan sektor penggerak utama perekonomian membaik, yang pada akhirnya apabila konsumsi listrik tinggi diharapkan dapat menyediakan tambahan lapangan

pekerjaan, dan mengurangi kemiskinan. Namun pada tahun 2015 konsumsi listrik masyarakat Indonesia mengalami penurunan yaitu hanya sebesar 2,14 persen. Salah satu alasan masih rendahnya konsumsi listrik masyarakat Indonesia karena penyediaan tenaga listriknya yang masih terbatas. Peristiwa ini memicu pengembangan sumber energi alternatif guna membantu produksi energi listrik di Indonesia, karena dengan laut yang luas, daratan yang megah, air, dan tanaman hijau yang banyak serta cahaya matahari yang cukup, dapat dimanfaatkan sedemikian rupa untuk dilakukannya berbagai macam inovasi guna memenuhi kebutuhan energi listrik.

Pemanfaatan sumber energi alternatif sebagai bahan baku produksi energi listrik mempunyai kelebihan. Kelebihan yang pertama yaitu relatif mudah didapat, bahkan diperoleh dengan gratis yang berarti biaya operasionalnya sangat rendah. Kedua, tidak mengenal masalah limbah termasuk di dalamnya proses produksi yang tidak menyebabkan kenaikan temperatur bumi. Dan ketiga adalah yang terpenting, yakni tidak terpengaruh kenaikan harga bahan bakar (Harahap, 2021). Dari potensi energi alternatif yang ada, untuk pengembangan kelistrikan nasional yang perlu dikembangkan lebih luas dengan skala yang besar adalah energi yang sangat ramah lingkungan yang di antaranya adalah dengan menggunakan tenaga mikroba yakni *Microbial Fuel Cell* atau sering kita sebut sebagai MFC.

Salah satu contoh energi alternatif yang bisa dikembangkan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC). MFC ini merupakan energi alternatif yang ramah lingkungan dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui

reaksi katalik menggunakan mikroorganisme. Melalui MFC, sebagian energi yang dihasilkan bisa diambil dalam bentuk listrik. Sistem yang berlangsung pada MFC adalah mengkonversi energi kimia yang terdapat pada substrat *bio-convertible* menjadi energi listrik menggunakan katalis berupa bakteri. Bakteri yang digunakan adalah bakteri anaerob, di mana bakterinya bisa mengkonversi berbagai macam senyawa organik menjadi CO₂, air, dan energi. MFC terdiri dari dua ruang yaitu ruang anoda dan katoda. Pada ruangan anoda hidup bakteri yang akan mengubah substrat seperti glukosa, asetat juga limbah cair menjadi CO₂, proton, dan elektron. Pada ruangan anoda dalam sistem MFC tidak terdapat oksigen, sehingga bakteri harus mengubah aseptor elektronnya menjadi sebuah aseptor *insoluble* seperti pada anoda.

MFC bisa digunakan untuk mengumpulkan elektron yang berasal dari metabolisme mikroba berdasarkan pada kemampuan bakteri mentransfer elektron ke anoda. Elektron kemudian mengalir melalui sirkuit listrik dengan muatan pada katoda. Beda potensial antara anoda dan katoda bersama dengan aliran elektron menghasilkan daya. Tetapi dalam penggunaannya, MFC memiliki kelemahan pada kompartemen katoda yang masih menggunakan bahan kimia yaitu kalium ferisianida, sehingga perlu sebuah solusi agar teknologi ini menjadi benar-benar organik yakni dengan menggunakan organisme fotosintetik seperti anabaena sebagai biokatoda. Penggunaan organisme fotosintetik dalam MFC disebut dengan istilah P-MFC (Novitasari dkk, 2011).

PMFC atau *Plant Microbial Fuel Cell* masuk dalam jajaran teknologi baru yang memanfaatkan aktivitas biokimia tanaman untuk memproduksi listrik. Pada sistem PMFC dilakukan variasi elektroda pada bagian katoda menggunakan Cu dan Zn. Hal ini perlu dilakukan agar terlihat perbandingan nilai arus, tegangan serta daya listrik yang dihasilkan diantara kedua variasi tersebut. Teknologi ini diperkenalkan pada tahun 2008 dan mampu menghasilkan listrik menggunakan tanaman sejenis rerumputan (*Reed mannagrass*) (Strik, 2008). Secara tidak langsung sistem PMFC membuktikan bahwa tak hanya menggunakan mikroorganisme, namun tumbuhan juga bisa berperan dalam pengembangan energi terbarukan yang sangat berpengaruh bagi kehidupan manusia.

Keistimewaan tumbuhan ditemukan dalam al-Qur'an surah al-an'am ayat 99. Berikut adalah kutipan ayat yang berkaitan dengan hal tersebut.

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۗ نُنزِّلُهَا إِلَى الْأَرْضِ إِذَا أَنْتُمْ فِيهَا وَبَيْنَعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ۙ ٩٩

Artinya : “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.” (Departemen Agama RI, 2017)

PMFC diklaim sebagai teknologi yang ramah lingkungan dan *sustainable* karena dalam proses operasi sama sekali tidak menghasilkan emisi. Listrik dihasilkan dari aliran elektron simultan melalui anoda dan katoda pada sistem, dan selanjutnya produk yang dihasilkan selain listrik adalah air (Nitorisavut & Regmi, 2017). Elektron dihasilkan dari hasil degradasi bahan organik yang sebelumnya dilakukan oleh mikroba, khususnya mikroorganisme yang aktif secara elektrokimia (Strik, 2008). Mikroba tersebut hidup secara alamiah di sekitar perakaran tanaman atau dikenal sebagai area *rhizosphere* (Neori, 2000). Bahan organik di area *rhizosphere* diperoleh dari tanaman yang melakukan eksudasi atau membuang kelebihan bahan organik hasil fotosintesis melalui akar. Secara umum, lahan basah akan sangat baik bagi PMFC, karena dengan kondisi tergenang akan membantu terjadinya pertukaran ion pada sirkuit penghasil listrik (Wetser & Liu, 2015). PMFC terkenal sebagai teknologi potensial yang tidak terpengaruh cuaca, dapat diaplikasikan di setiap tempat atau lahan di mana tanaman bisa tumbuh dan tidak menyebabkan persaingan dengan produksi pangan ataupun pakan (Helder, 2012).

Penelitian ini berfokus pada variasi jenis elektroda dengan menggunakan tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*). Tanaman ini dipilih karena mudah ditemukan di wilayah tropis dan memiliki daun lebar dan hijau yang kaya akan zat klorofil. Pada proses fotosintesis, selain zat klorofil, air (H_2O), dan karbon dioksida (CO_2) juga merupakan hal yang sangat dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan energi listrik

yang dihasilkan dengan variasi jenis elektroda dan variasi kelembaban tanah yang digunakan dalam penelitian agar terlihat perbandingan dari masing-masing variasi. Jenis elektroda yang digunakan yaitu Aluminium, Zeng, dan Tembaga. Anoda yang digunakan yaitu Aluminium, sedangkan katoda yang digunakan yaitu Tembaga dan Zeng. Pemilihan elektroda yang digunakan karena selain merupakan penghantar listrik yang baik juga mudah ditemukan dalam lingkungan sekitar. Anoda berfungsi sebagai elektroda bermuatan negatif dan katoda berfungsi sebagai elektroda bermuatan positif.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

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

1. Bagaimana rancangan sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dengan variasi jenis elektroda dan kelembaban tanah?
2. Bagaimana hasil pembuatan sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dengan variasi jenis elektroda dan kelembaban tanah?
3. Bagaimana pengaruh variasi jenis elektroda terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*)?
4. Bagaimana pengaruh kelembaban tanah terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Studi Potensial Bio-Listrik melalui *Plant Microbial Fuel Cell* dengan Variasi Elektroda dan Kelembaban Tanah” memiliki tujuan yakni :

1. Merancang sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dengan variasi jenis elektroda dan kelembaban tanah.
2. Membuat sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dengan variasi jenis elektroda dan kelembaban tanah.
3. Menganalisis pengaruh variasi jenis elektroda terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*).
4. Menganalisis pengaruh kelembaban tanah terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PMFC dari tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dengan variasi jenis elektroda.

1.4 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan pembatasan masalah agar ruang lingkup pada penelitian tidak meluas. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Jenis elektroda yang digunakan yaitu Aluminium/Al (anoda) dengan Tembaga/Cu (katoda) dan Aluminium/Al (anoda) dengan Zeng/Zn (katoda).
2. Volume air yang disiramkan sebanyak 1000 ml.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh beberapa manfaat antara lain :

1. Manfaat dalam khazanah keilmuan
 - a. Menjadikan salah satu kajian ilmiah bahwa PMFC dapat dijadikan sebagai energi alternatif yang menghasilkan energi listrik.
 - b. Memberikan informasi bahwa tanaman hias Kadaka (*Asplenium Nidus*) dapat menghasilkan energi listrik.
 - c. Memberikan informasi perbandingan daya listrik yang dihasilkan oleh variasi jenis elektroda.
2. Manfaat dalam praktik sosial
 - a. Perancangan sistem PMFC yang *lowcost* sehingga dapat diterapkan di kehidupan sehari-hari.
 - b. Produksi energi listrik yang sangat ekonomis, ramah lingkungan serta bersifat berkelanjutan.
 - c. Sistem PMFC ini masih jarang digunakan, sedangkan penelitian ini mempunyai fungsi yang sangat bagus dan fungsional untuk mengimbangi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat pada tanaman, daerah persawahan, daerah perkebunan, pertanian, serta daerah hutan bakau.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem *Plant Microbial Fuel Cell* dirancang dengan menanam anoda di area *rizosphere* atau area akar pada tanaman hias kadaka dan menyimpan katoda di area bawah daun agar langsung terkena udara. Kedua elektroda tersebut disambungkan kepada multimeter dan resistor secara seri dan paralel untuk mencari nilai arus dan tegangan pada sistem. Tanah yang digunakan pada penelitian adalah tanah humus agar meningkatkan aktivitas mikroba pada pot.
2. Sistem *Plant Microbial Fuel Cell* telah berhasil dibuat dengan menggunakan bahan organik berupa tanaman hias kadaka yang memiliki daun lebar serta akarnya yang serabut, tanah humus, dan dibantu dengan plat logam untuk proses *transfer* elektron dari anoda ke katoda. Hasil penelitian PMFC yang telah dibuat kurang potensial untuk dijadikan sumber energi listrik. Hal ini dikarenakan daya listrik yang dihasilkan sistem PMFC terlalu kecil dan tidak cukup besar untuk menyalakan satu buah lampu. Ketidakefisienan ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya volume pot yang terlalu kecil dan pemilihan elektroda yang kurang reaktif.

3. Pengaruh elektroda terhadap energi listrik yang dihasilkan yaitu semakin reaktif plat elektroda yang digunakan pada anoda maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Sedangkan pada katoda semakin kurang reaktif semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Nilai arus listrik maksimum pada Pot I dan Pot II masing-masing 0,132 mA dan 0,085 mA. Sedangkan nilai tegangan listrik maksimum pada pot I 0,131 V dan pada Pot II 0,074. Lalu untuk daya listrik maksimum pada Pot I 0,017028 mW dan pada pot II 0,00629 mW. Dapat disimpulkan bahwa sistem PMFC pada Pot I lebih efektif menghasilkan energi listrik dibandingkan dengan Pot II.
4. Kelembaban tanah berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan. Maka dari itu, dipilih tanah humus yang memiliki daya serap air yang tinggi untuk menjaga kelembaban tanah selama penelitian. Selama pengujian 24 jam, rata-rata daya listrik maksimum yang dihasilkan Pot I pada kondisi tanah basah atau WET adalah 0,013891 mW dan Pot II dengan kondisi tanah basah 0,00476075 mW. Sedangkan pada kondisi tanah lembab atau MOIST, Pot I menghasilkan daya listrik 0,01314225 mW dan Pot II menghasilkan daya listrik 0,00329475 mW.

5.2 Saran

Saran-saran penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Memperbesar volume pot dan tanah humus pada penelitian
2. Memperhatikan serta memvariasi jarak antara anoda dan katoda pada rangkaian.
3. Membandingkan nilai efisiensi terhadap energi listrik yang dihasilkan dengan menggunakan variasi jenis elektroda.
4. Menerapkan PMFC pada skala yang lebih besar, misalnya pada lahan pertanian, dan taman kota.

DAFTAR PUSTAKA

- Berghuis, N. T., Zulfikar, M. A., & Wahyuningrum, D. 2020. *Sintesis Membran Komposit Berbahan Dasar Kitosan dengan Metoda Sol-Gel sebagai Membran Fuel Cell Pada Suhu Tinggi*. Al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan, 7(1), 35-46.
- Campbell, N. A., J. B. Reece dan L. G. Mitchell. 1999. Biologi. Erlangga. Jakarta
- Cheng, & Gershenson. 2007. *Carbon fluxes in the rhizosphere The Rhizosphere*. Elsevier.
- Cheng, & Liu. 2006. *Increased performance of single-chamber microbial fuel cells using an improved cathode structure*. Electrochemistry communication, 8(3), 489-494.
- Darma, D. P., 2006. *Jepun (Plumeria) Sebagai Pohon Inang Tumbuhan Epifit dan Elemen Lunak Taman di Bali*. Prosiding Seminar Sehari Konservasi dan Pendayagunaan Keanekaragaman Tumbuhan Daerah Kering II UPT. Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI
- Grayston, S. J., & Vaughan, D. 1997. *Rhizosphere carbon flow in trees, in comparison with annual plants: the importance of root exudation and its impact on microbial activity and nutrient availability*. Applied Soil Ecology, 5(1), 29-56.
- Gómora-Hernández, J. C., Serment-Guerrero, J. H., Carreño-de-León, M. C., & Flores-Alamo, N. 2020. *Voltage Production in a plant microbial fuel cell using agapanthus africanus*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 19(1), 227-237.
- Han, Sang-Yong. 2004. *The Role of The Four Electric Power Sectors in The Korean National Economic*. Energy Police, 136-701, p.1-13.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., & Fiqri, A. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Universitas Brawijaya Press.
- Handoko. 1994. *Pengantar Unsur-unsur Cuaca di Stasiun Klimatologi Pertanian*. Jurusan Geofisika dan Metereologi FMIPA-IPB: Bogor.
- Harahap, A. A. 2021. *Sistem Kontrol PH Tanah Untuk Meningkatkan Kesuburan Tanaman Studi Kasus Rumah Kaca*. Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia.

- Haryadi, D., Yetti, H., & Yoseva, S. 2015. *Pengaruh pemberian beberapa jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (Brassica alboglabra L.)* Doctoral dissertation, Riau University.
- Haryanto, A. 2020. *Sel Bahan Bakar Berbasis Mikroba-Tanaman (P-MFC) Sebagai Sumber Energi Listrik; Prinsip Kerja, Variasi Desain, Potensi dan Tantangan*. Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 9(2), 112-121.
- Helder. 2012. *The flat-plate plant-microbial fuel cell: the effect of a new design on internal resistances*. Biotechnology for biofuels, 5(1), 70.
- Hoogers G. 2002. *Fuel Cell Technology Handbook Trier University of Applied Sciences*. Jerman: Birkenfeld.
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjani, Z. N. 2017. *Kinerja microbial fuel cell penghasil biolistrik dengan perbedaan jenis elektroda pada limbah cair industri perikanan*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 20(2), 296-304.
- 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.
- Iniwasiakima, D, P, & Ufot, C, U. 2013. *The determinants of electricity access in Sub-Saharan Africa*. Department of Economics, University of Ibadan, Vol 2, Issue 4.
- Johnson, M. P. 2016. *Photosynthesis. Essays in biochemistry*, 60(3), 255-273.
- Karthikeyan, R., Krishnaraj, N., Selvam, A., Wong, J. W. C., Lee, P. K., Leung, M. K., & Berchmans, S. 2016. *Effect of composites based nickel foam anode in microbial fuel cell using Acetobacter acetii and Gluconobacter roseus as biocatalysts*. Bioresource technology, 217, 113-120.
- Kholiq, I. 2015. *Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM*. Jurnal Iptek, 19(2), 75-91.
- 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.
- Liu, H., Cheng, S., Logan B. 2005. *Production of Electricity from Acetate or Butyrate Using a Single-Chamber Microbial Fuel Cell*. Environ Sci Technol. : 39, 658-662.
- Logan BE, Regan JM. 2006. *Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells*. Trends Microbiol: 14:512-885(5):481-488.

- Lovley DR. 2006. *Bug Juice: Harvesting Electricity with Microorganisms*. J. Nat Rev Microbiol 4:497-508
- Nancharaiah, Y.V., Mohan, S.V. Lens, P.N.L. 2015. *Metal Removal and Recovery in Bioelectrochemical System, A Review*. Bioresour. Technol. 195, 96-101
- Nasution, M. (2019, May). *Kajian tentang hubungan deret volta dan korosi serta penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari*. In Seminar Nasional Teknik UISU (Vol. 2, No. 1, pp. 252-255).
- Neori, A. 2000. *Bioactive chemicals and biological-biochemical activities and their functions in rhizospheres of wetland plants*. The Botanical Review, 66(3), 350-378
- Nitorisravut, R., & Regmi, R. 2017. *Plant microbial fuel cells: A promising biosystems engineering*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 81-89.
- Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Paterson, E. 2003. *Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity*. European Journal of Soil Science, 54(4), 741-750.
- Putri, Y. A., Purwoko, B., & Meilasari, F. 2019. *Studi Reklamasi Lahan Bekas Tambang Ballclay (Tanah Lempung) dengan Sistem Perataan Tanah dan Sistem Sengon (Paraserianthes Falcataria) di PT. Clayindo Cakra Jaya*. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 6(1).
- Rabaey, K., and Verstraete, W. 2005. *Microbial fuel cells: Novel biotechnology for energy generation Trends*. Biotech. 23, pp. 291-298
- Rahmadi, J., Yusuf, I., & Priyatman, H. 2015. *Studi Kelayakan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Kincir Air Terapung Di Desa Ella Hilir Kecamatan Ella Hilir Kabupaten Melawi*. ELKHA: Jurnal Teknik Elektro, 7(1).
- Rayment, C., & Sherwin, S. 2003. *Introduction to fuel cell technology*. Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame, Notre Dame, IN, 46556, 11-12.
- Reddy, P. S.; Sudarsanam, P.; Raju, G.; Reddy, B. M. 2010. *Synthesis of bio-additives: acetylation of glycerol over zirconia-based solid acid catalyst*. Catalysis Communications, 11(15), 1224-1228.

- Rezki, R., Musta, R., & Haetami, A. 2017. *Minyak Biji Nyamplung (Calophyllum inophyllum) Dengan Etanol*. Indonesian Journal of Chemical Research, 4(2), 406-412.
- Riskah, R. 2021. *Pengaruh Probability Kecepatan Angin terhadap Feasibility Proyek Energi Angin Berbasis Visual Basic*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Roger, P. A., & Watanabe, I. 1984. *Algae and aquatic weeds as source of organic matter and plant nutrients for wetland rice*. Organic matter and rice, 147-168.
- Rosyadi, F. A., Laily, E. N., Sitoesmi, S., & Yushardi, Y. 2017. *Pemanfaatan Alga Hijau sebagai Biokatoda pada PMFC (Photosynthetic Microbial Fuel Cell)*. Jurnal Teknik Kimia, 12(1), 4-8.
- Rozendal R A, Hamelers H V M, Rabaey K, Keller J, dan Buisman C J N. 2008. *Towards practical implementation of bioelectrochemical wastewater treatment*. Trends in Biotechnology, 26, no. 8, pp. 450-459.
- Safitri, I. A., Rudiyanto, B., Nursalim, A., & Hariono, B. 2016. *Uji Kinerja Smart Gried Fuel Cell Tipe Proton Exchange Membran (PEM) Dengan Penambahan Hidrogen*. Jurnal Ilmiah Inovasi, 16(1).
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Fisiologi Tumbuhan jilid II. Tejemahan dari Plant Physiology*.
- Sastrapraja, S., Afriastin, J.J., Darnaedi D. dan Wijaya E.A, 1979. *Jenis Paku Indonesia*. Lembaga Biologi Nasioanal LIPI.
- Schlesinger, W. H., & Bernhardt, E. S. 2013. *Biogeochemistry: an analysis of global change*. Academic press.
- Scott, K., Rambu, A., Katuri P., Prasad K., Head M. 2007. *Application of modified carbon anodes in microbial fuel cells*. International Chemical Engineers.
- Shukla, A. K., Suresh, P., Berchmans, S., Rajendran, A. 2004. *Biological fuel cells and their applications*. Journal Current Science, 87 (4), 455-468.
- Strik, D. P. 2008. *Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell*. International Journal of Energi Research, 32(9), 870-876.
- Suhada, H. 2001. *Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21*. Jurnal Teknik Mesin, 3(2), 92-100.
- Suseno, H. 1074. *Fisiologi Tumbuhan. Metabolisme Dasar dan Beberapa Aspeknya*. Departemen Botani. Fakultas Pertanian, IPB Bogor.

- Syahri, M., Mahargiani, T., & Indrabrata, A. G. 2019. *Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell (MFC) dari Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan*. In Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan (p. 5).
- Wetser, K., & Liu, J. 2015. *Plant microbial fuel cell applied in wetlands: Spatial, temporal and potential electricity generation of Spartina anglica salt marshes and Phragmites australis peat soils*. *Biomass and Bioenergy*, 83, 543-550.
- Wetser, K., & Liu, J. 2015. *Plant microbial fuel cell applied in wetlands: Spatial, temporal and potential electricity generation of Spartina anglica salt marshes and Phragmites australis peat soils*. *Biomass and Bioenergy*, 83, 543-550
- Zahara. 2010. *Utilization of Saccharomyces cerevisiae in Microbial Systems Fuel Cell For Electrical Energy Production*.