

**PERBANDINGAN POTENSI LISTIK *MICROBIAL FUEL CELL*
(MFC) MENGGUNAKAN SUBSTRAT LIMBAH KULIT
PISANG AMBON (*Musa acuminata colla*) DAN LIMBAH
TEMPE BERBASIS MEMBRAN GERABAH BENTONIT**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



Disusun oleh:
Ulia Fitrass
176106030024

kepada
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2021



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-1441/Un.02/DST/PP.00.9/08/2021

Tugas Akhir dengan judul : Perbandingan Potensi Listik Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) Dan Limbah Tempe Berbasis Membran Gerabah Bentonit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ULIA FITRASS
Nomor Induk Mahasiswa : 17106030024
Telah diujikan pada : Senin, 26 Juli 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 610e5497763f4



Penguji I

Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 610cf8da4db5e



Penguji II

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
SIGNED

Valid ID: 61054f128347b



Yogyakarta, 26 Juli 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 61149563617b2



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

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 : Ulia Fitrass
NIM : 17106030024
Judul Skripsi : Perbandingan Potensi Listik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) Dan Limbah Tempe Berbasis Membran Gerabah Bentonit

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 11 Juli 2021

Pembimbing

Sudarlin, M.Si

NIP: 19850611 201503 1 002



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

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 : Ulia Fitrass
NIM : 17106030024
Judul Skripsi : Perbandingan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) dan Limbah Tempe Berbasis Membran Gerabah Bentonit

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta, 2 Agustus 2021
Konsultan

Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.
NIP. 19760621 199903 2 005



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
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 : Ulia Fitrass
NIM : 17106030024
Judul Skripsi : Perbandingan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) dan Limbah Tempe Berbasis Membran Gerabah Bentonit

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 2 Agustus 2021
Konsultan



Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
NIP. 19811111 201101 1 007

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ulia Fitrass
NIM : 17106030024
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Perbandingan Potensi Listik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) Dan Limbah Tempe Berbasis Membran Gerabah Bentonit**” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Juli 2021



Ulia Fitrass
NIM 17106030024

HALAMAN MOTTO

Be Extraordinary You. Lakukan yang terbaik. Jangan jadi yang biasa saja tapi jadilah yang luar biasa, pantang menyerah, dan terus bekerja keras.



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. yang telah memberi kesempatan dan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi berjudul Perbandingan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) dan limbah tempe berbasis membran gerabah bentonit sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Strata 1 Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dorongan, semangat, masukan, dan saran sehingga penyusunan skripsi ini dapat selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi
3. Sudarlin, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi
4. Jajaran Pranata Laboratorium (PLP) Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
5. Siti Rudy Wartini selaku ibu yang selalu memberikan semangat dan nasihat supaya menyelesaikan skripsi
6. Ujang Basri selaku ayah saya yang memberi saya dukungan untuk menyelesaikan pendidikan saya
7. Indri selaku teman satu tema penelitian yang senantiasa membantu saya saat sedang kesulitan dalam menyusun skripsi ini
8. Era Monika, Lia Amalia, Yethi, Raehan, Mita, Tina, Amin Sulistiyani, Selvi, Suci Rafika, Lia, Febriyanti, Suci Ayu, Putri Monika, dan Jessica Nandarto selaku sahabat saya
9. Teman-teman kimia 2017 (electron) yang namanya tidak bisa saya sebutkan

Penyusun menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini sehingga, penyusun menerima kritik dan saran membangun demi perbaikan selanjutnya. Penyusun berharap supaya skripsi ini dapat menjadi acuan riset dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 3 Maret 2021

Uliah Fitrass

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk almamater Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
NOTA DINAS KONSULTAN	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR DAN TABEL	xii
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	2
C. Rumusan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Tinjauan Pustaka	5
B. Landasan Teori	7
1. Prinsip Kerja <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC).....	7
2. Mekanisme Transfer Elektron	8
3. Desain <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC).....	10
4. Evaluasi Performa <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC)	11
5. Limbah Kulit Pisang.....	12
6. Limbah Tempe.....	13
7. Parameter Limbah Cair.....	15
C. Hipotesis Penelitian.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat Penelitian	17
B. Alat-Alat Penelitian.....	17
C. Bahan Penelitian.....	17

D. Cara Kerja Penelitian.....	17
1. Preparasi Reaktor MFC	17
2. Preparasi Elektroda.....	18
3. Preparasi Substrat	18
4. Running <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC)	19
5. Pengukuran Parameter Limbah Cair	19
E. Teknik Analisis Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
A. Kesimpulan.....	27
B. Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	32
A. Hasil Pengukuran Kuat Arus, Beda Potensial, dan <i>Power Density</i>	32
B. Hasil Uji-T Berpasangan	33

DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

Gambar 2. 1 Mekanisme Transfer Elektron.....	9
Gambar 2. 2 Ilustrasi MFC Single Chamber	10
Gambar 2. 3 Ilustrasi MFC Dual Chamber	11
Gambar 3. 1 Ilustrasi Desain <i>Microbial Fuel Cell dual-chamber</i>	18
Gambar 4. 1 Grafik Kuat Arus Listrik MFC-KP dan MFC-LT.....	21
Gambar 4. 2 Grafik Beda Potensial MFC-KP dan MFC-LT	22
Gambar 4. 3 Grafik power density MFC-KP dan MFC-LT	25
Tabel 4. 1 Penurunan COD dan BOD pada MFC-KP dan MFC-LT	26



**PERBANDINGAN POTENSI LISTRIK *MICROBIAL FUEL CELL*
(MFC) MENGGUNAKAN SUBSTRAT LIMBAH KULIT PISANG AMBON
(*Musa acuminata cola*) DAN LIMBAH TEMPE BERBASIS MEMBRAN
GERABAH BENTONIT**

**Oleh :
Ulia Fitriass
17106030024**

ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari perbandingan potensi listrik serta penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) *Microbial Fuel Cell* (MFC) menggunakan substrat limbah kulit pisang ambon (MFC-KP) dan limbah tempe (MFC-LT). Sistem MFC yang digunakan adalah *dual chamber* dengan katolit KMnO_4 dan membran gerabah bentonit. Pengukuran kuat arus dan beda potensial setiap 2 jam sekali selama 48 jam. Pengukuran COD dan BOD dilakukan sebelum dan sesudah limbah digunakan dalam sistem MFC. Hasil pengukuran menunjukkan potensi listrik MFC-KP lebih tinggi daripada MFC-LT berdasarkan parameter kuat arus, beda potensial, dan *power density*. MFC-KP memiliki kuat arus tertinggi 3,50 mA dengan rata-rata 1,75 mA, beda potensial tertinggi 0,98 V dengan rata-rata 0,54 V, *power density* tertinggi 111 mW/cm^2 dengan rata-rata 43,05 mW/cm^2 . Hasil uji-T untuk parameter pengukuran kuat arus, beda potensial, dan perhitungan *power density* menghasilkan perbedaan signifikan karena nilai $p < 0,5$. Perbedaan signifikan pada parameter tersebut menunjukkan adanya pengaruh terhadap penggunaan limbah kulit pisang dan limbah tempe pada MFC.

Kata Kunci : Beda Potensial, BOD, COD, Kuat Arus, Limbah Kulit Pisang, Limbah Tempe, *Power Density*

**ELECTRICITCAL VOLTAGE OF MICROBIAL FUEL CELL
(MFC) USING AMBON BANANA PEEL (*MUSA ACUMINATA COLLA*)
WASTE AND TEMPEH WASTE SUBSTRATES BASED ON BENTONITE
EARTHENWARE MEMBRANE**

**By :
17106030024**

ABSTRACT

This study studied the comparison of electrical potential, as well as the decrease in Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) Microbial Fuel Cell (MFC) using Ambon banana peel waste (MFC-KP) and tempeh waste (MFC-LT) as substrates. The MFC system used is dual chamber with $KMnO_4$ catholyte and bentonite earthenware as membrane. Measurement of current and potential difference every 2 hours during 48 hours. COD and BOD measurements were carried out before and after the waste was used in the MFC system. The measurement results show that the potential electricity of MFC-KP is higher than that of MFC-LT based on the parameters of current, voltage, and power density. MFC-KP has the highest current of 3.50 mA with an average of 1.75 mA, the highest voltage of 0.98 V with an average of 0.54 V, the highest power density of 111 mW/cm^2 with an average of 43.05 mW/cm^2 . The T-test results for the measurement parameters of current strength, voltage, and calculation of power density resulted in significant differences because $p < 0,05$. The significant difference in this parameter means that there is an effect on the use of ambon banana peel waste and tempeh waste as substrates of MFC.

Keywords : Banana Peel Waste, BOD, COD, Current, Power Density, Tempeh Waste, Voltage

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan alat yang menggunakan bakteri sebagai katalisator untuk mengubah bahan organik menjadi listrik (Watanabe, 2018). Meskipun MFC mengalami perkembangan yang pesat, masih banyak tantangan dalam aplikasi praktisnya (Ge & He, 2016).

MFC terdiri atas katoda berisi katolit dan anoda. Katoda membutuhkan oksigen dan anoda tidak membutuhkan oksigen (Watanabe, 2018). Anoda dan katoda dipisahkan oleh membran agar tidak terjadi korsleting listrik, menjadi penghalang transpor ion lain antar ruang, dan mengurangi fluks substrat dari anoda ke katoda (Hernández-Flores et al., 2016).

Andika (2020) melakukan penelitian MFC berbasis membran gerabah dengan limbah tempe menggunakan elektroda karbon. Hasil yang diperoleh menunjukkan kuat arus rata-rata 86 mA, beda potensial rata-rata 845 mV, dan *power density* sebesar 2197, 343 mW/m². Sementara itu, Ghadge dan Gangrekar (2015) menggunakan jenis membran yang sama, yakni gerabah dengan limbah buatan yang mengandung sodium asetat menggunakan elektroda karbon. Kuat arus yang dihasilkan lebih tinggi yakni sebesar 97±4,84 mA, beda potensial 507±6,91 mV, dan *power density* sebesar 3950 mW/m². Hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian Andika belum maksimal karena nilai arus dan *power density* yang masih rendah dari penelitian Ghadge dan Gangrekar (2015). Perbedaan substrat yang digunakan kedua peneliti ini menjadi faktor yang harus diperhatikan.

Peningkatan efisiensi MFC pada anoda yang berisi substrat limbah terus dilakukan pengembangan dengan mencari jenis substrat yang paling baik digunakan. Substrat yang digunakan adalah urin dan kotoran manusia, air limbah, jerami padi, etanol, gliserol, selulosa, whey keju, dan sebagainya (Pandey et al., 2016). Hendri, dkk (2015) telah melakukan penelitian pengaruh jenis kulit pisang terhadap kelistrikan dari sel *accu*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pisang ambon memiliki kelistrikan yang paling tinggi dengan menghasilkan beda potensial 3,7064 volt dan arus listrik 33,08 mA. Karbohidrat merupakan kandungan terbesar kedua setelah air pada kulit pisang yang merupakan makromolekul dari glukosa (Puspaningtyas, 2013)..

Peningkatan efisiensi MFC pada anoda yang berisi substrat limbah MFC yang menggunakan substrat limbah kulit pisang ambon (selanjutnya disingkat MFC-KP) dan MFC menggunakan substrat limbah tempe (selanjutnya disingkat MFC-LT) akan diuji pengaruhnya. Keterbaruan penelitian ini adalah penggunaan limbah kulit pisang sebagai substrat MFC pada membran gerabah bentonit. Parameter yang digunakan adalah kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density*.

B. Batasan Masalah

1. Limbah tempe yang digunakan berasal dari Pabrik tempe di daerah Jomblangan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta. Limbah kulit pisang ambon yang digunakan adalah limbah artifisial yang dibuat dari pisang ambon.
2. Tidak dilakukan analisis jenis dan mekanisme aerobik bakteri pada limbah

3. Desain MFC yang digunakan adalah sistem *dual-chamber* MFC. MFC yang menggunakan substrat limbah kulit pisang ambon disingkat MFC-KP dan MFC yang menggunakan limbah tempe disingkat MFC-LT
4. Parameter efisiensi yang dari sistem MFC yang diterapkan adalah kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density* (P_D). Parameter pengolahan limbah adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density* (P_D) MFC-KP dan MFC-LT?
2. Bagaimana perbandingan penurunan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) substrat pada MFC-KP dan MFC-LT sebagai remediasi limbah?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan kuat arus (I), beda potensial (V), dan *power density* (P_D) MFC-KP dan MFC-LT.
2. Menentukan penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah MFC-KP dan MFC-LT sebagai remediasi limbah.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Pengelolaan limbah yang menjadi masalah di masyarakat pada umumnya.
2. Pembuatan model MFC yang mudah, murah, dan efisien agar dapat dimanfaatkan secara langsung
3. Pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Potensi listrik MFC-KP lebih tinggi daripada MFC-LT berdasarkan parameter kuat arus, beda potensial, dan *power density*. MFC-KP memiliki kuat arus tertinggi 3,50 mA dengan rata-rata 1,75 mA, beda potensial tertinggi 0,98 V dengan rata-rata 0,54 V, dan *power density* tertinggi 111 mW/cm² dengan rata-rata 43,05 mW/cm².
2. Penurunan COD dan BOD limbah pada MFC-KP sebesar 1610 mg/L dan 153 mg/L. Penurunan COD dan BOD limbah pada MFC-LT sebesar 593 mg/L dan 56 mg/L. Penurunan COD dan BOD pada MFC-KP lebih tinggi daripada MFC-LT.

B. Saran

Beberapa hal yang dijadikan saran bagi penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian ini menggunakan elektroda karbon. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi jenis elektroda seperti aluminium, seng, atau besi.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis karbohidrat yang berbeda seperti limbah roti, limbah padi, limbah kulit singkong, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, T. N., Kirom, M. R., & Iskandar, R. F. (2017). *Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik Analysis Of The Effect Of Metals As An Electrode In Microbial Fuel Cell To The Electrical Energy Production*. 4(2), 2123–2138.
- Ali, M., & Widodo, A. A. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*. *Jurnal Envirotek*. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.4>
- Andika & Sudarlin. (2020). Pemanfaatan Gerabah Dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis Microbial Fuel Cell (MFC). *Jurnal Inovasi Dan Pengelolaan Laboratorium*.
- Atkins, P., & Paula, J. de. (2006). *Physical Chemistry for the Life Sciences Second edition*. W. H. Freeman and Company.
- BPS. (2017). Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia. In *Badan Pusat Statistik*.
- Deval, A. S., Parikh, H. A., Kadier, A., Chandrasekhar, K., Bhagwat, A. M., & Dikshit, A. K. (2017). Sequential microbial activities mediated bioelectricity production from distillery wastewater using bio-electrochemical system with simultaneous waste remediation. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.114>
- Evelyn, Li, Y., Marshall, A., & Gostomski, P. A. (2014). Gaseous pollutant treatment and electricity generation in microbial fuel cells (MFCs) utilising redox mediators. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s11157-013-9322-2>
- Fitria, Y., Helsa, Y., Hasanah, F. N., & Zurkarnaini, A. P. (2018). *Pembelajaran Integrasi Science and Math Berbasis Problem Based Learning*. UAD Press.
- Frazier, W. C., & Westhoff, D. C. (1988). *Food Microbiology Fourth Edition*. McGraw-Hill.
- Ge, Z., & He, Z. (2016). Long-term performance of a 200 liter modularized microbial fuel cell system treating municipal wastewater: Treatment, energy, and cost. *Environmental Science: Water Research and Technology*. <https://doi.org/10.1039/c6ew00020g>
- Ghadge, A. N., & Ghangrekar, M. M. (2015). Development of low cost ceramic separator using mineral cation exchanger to enhance performance of microbial fuel cells. *Electrochimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.03.105>
- Heilmann, J., & Logan, B. E. (2006). Production of Electricity from Proteins Using a Microbial Fuel Cell. *Water Environment Research*. <https://doi.org/10.2175/106143005x73046>

- Hendri, Yasni, Gusnedi, & Ratnawulan. (2015). Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar of Physic*.
- Hernández-Flores, G., Poggi-Varaldo, H. M., & Solorza-Feria, O. (2016). Comparison of alternative membranes to replace high cost Nafion ones in microbial fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.08.206>
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjani, Z. N. (2017). Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik Dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada Limbah Cair Industri Perikanan. *Jphpi 2017*. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17946>
- Kalia, V. C. (2017). Microbial applications. In *Microbial Applications*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52669-0>
- Kurniawati, L., & Sanjaya, I. G. M. (2013). Pengaruh Jenis Bakteri Selulolitik Terhadap Efisiensi Sel Bakar Mikroba. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(2), 17–22.
- L. Indah Murwani Yulianti, R. K. R. A. W. N. J. (2019). Peranan Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Journal of Biota*, 4(1), 8. <https://doi.org/10.24002/biota.v4i1.2362>
- Lee, J., Lee, S., Yu, S., & Rhew, D. (2016). Relationships between water quality parameters in rivers and lakes: BOD5, COD, NBOPs, and TOC. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5251-1>
- Lehninger, A. L. (2000). *Dasar-Dasar Biokimia jilid 1 diterjemahkan oleh Maggy Thenawijaya*. Erlangga.
- Logan, B. E. (2012). Essential data and techniques for conducting microbial fuel cell and other types of bioelectrochemical system experiments. In *ChemSusChem*. <https://doi.org/10.1002/cssc.201100604>
- Madigan, M. T. (2014). *Nutrition, Culture, and Metabolism of Microorganisms*. 1–32. [papers3://publication/uuid/A145F450-7D0E-45E6-AD90-8F9F271A4145](https://doi.org/10.1002/9781118164626.ch01)
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Clark, D. A. S., & P., D. (1999). *Brock Biology of Microorganisms Thirteenth Edition*. Benjamin Cummings.
- Merino-Jimenez, I., Gonzalez-Juarez, F., Greenman, J., & Ieropoulos, I. (2019). Effect of the ceramic membrane properties on the microbial fuel cell power output and catholyte generation. *Journal of Power Sources*. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.04.043>
- Muftiana, I., Suyati, L., & Setiyo, D. (2018). *The Effect of KMnO₄ and K₃[Fe(CN)₆] Concentrations on Electrical Production in Fuel Cell Microbial System with Lactobacillus bulgaricus Bacteria in a Tofu Whey Substart*. 21(1), 49–53.
- Pandey, P., Shinde, V. N., Deopurkar, R. L., Kale, S. P., Patil, S. A., & Pant, D.

- (2016). Recent advances in the use of different substrates in microbial fuel cells toward wastewater treatment and simultaneous energy recovery. In *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.056>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*.
- Rimboud, M., Pocaznoi, D., Erable, B., & Bergel, A. (2014). Electroanalysis of microbial anodes for bioelectrochemical systems: Basics, progress and perspectives. *Physical Chemistry Chemical Physics*. <https://doi.org/10.1039/c4cp01698j>
- Sitorus, B. (2010). Diversifikasi Sumber Energi Terbarukan melalui Penggunaan Air Buangan dalam Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba. *Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura*, 2(1), 10-15 (6).
- Suciati, P., Tjahjaningsih, W., Dewi Masithah, E., & Pramono, H. (2019). Aktivitas Enzimatis Isolat Bakteri Asam Laktat dari Saluran Pencernaan Kepiting Bakau (*Scylla* spp.) Sebagai Kandidat Probiotik
<i>[Activity Enzymatic of Isolate Lactic Acid Bacteria from the Digestive Tract of Mud Crab (*Scylla* spp.) as a Candidate Pro. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 8(2), 94. <https://doi.org/10.20473/jipk.v8i2.11182>
- Syahri, M., Titk Mahargiani, Atras Ghali Indrabrata, O. O. O. (2019). Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell (MFC) dari Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, April*, 1–6.
- Tuasikal, B. J., Pasaribu, F. H., & Wibawan, I. W. T. (2012). Orientasi dosis iradiasi *Streptococcus agalactiae* untuk bahan vaksin mastitis subklinis pada sapi perah. *A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation*.
- Utami, L., Lazulva, L., & Fatisa, Y. (2019). Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca* L.) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells Dengan Permanganat Sebagai Katolit. *Al-Kimiya*. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3833>
- Wang, H., & Ren, Z. J. (2013). A comprehensive review of microbial electrochemical systems as a platform technology. In *Biotechnology Advances*. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.10.001>
- Watanabe, K. (n.d.). *Microbial Fuel Cell Technology for Bioelectricity With a Foreword by*.
- Xu, X., Waters, D., Blanchard, C., & Tan, S. H. (2021). A study on Australian sorghum grain fermentation performance and the changes in Zaopei major composition during solid-state fermentation. *Journal of Cereal Science*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103160>
- Yasa, W. K., Sukainah, A., & Rais, M. (2020). Pemanfaatan berbagai Limbah

- Buah – Buah sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i2.9940>
- Yazid, E. A., & Nuha, B. U. (2017). Kadar Protein Terlarut Pada Ampas Kedelai Dari Hasil Proses Pembuatan Tempe Dengan Penambahan Ekstrak Kasar Papain (Crude papain). *Jurnal Ners Community*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Yogaswara, R. R., Farha, A. S., Khairunnisa, K., Pusfitasari, M. D., & Gunawan, A. (2017). Studi Penambahan Mikroorganisme Pada Substrat Limbah Pome Terhadap Kinerja Microbial Fuel Cell. *Jurnal Teknik Kimia*. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i1.839>
- You, S., Zhao, Q., Zhang, J., Jiang, J., & Zhao, S. (2006). *Short communication A microbial fuel cell using permanganate as the cathodic electron acceptor*. 162, 1409–1415. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.07.063>
- Zhao, F., Slade, R. C. T., & Varcoe, J. R. (2009). Techniques for the study and development of microbial fuel cells: An electrochemical perspective. *Chemical Society Reviews*. <https://doi.org/10.1039/b819866g>
- Zheng, C., Zhao, L., Zhou, X., Fu, Z., & Li., A. (2012). Treatment Technologies for Organic Wastewater. *Intechopen Journal*.

