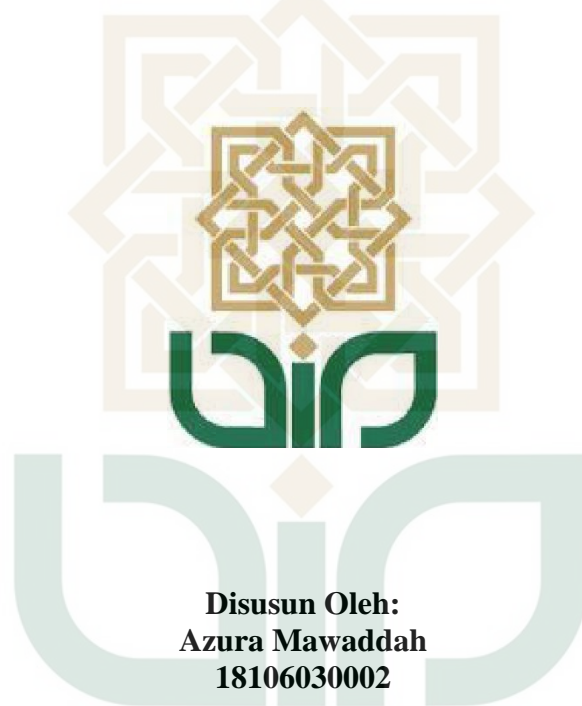


**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta*),
BONGGOL JAGUNG (*Zea mays*), AMPAS TEBU (*Saccharum*), DAN KULIT
PISANG AMBON (*Musa acuminata colla*) SEBAGAI SUBSTRAT *Microbial Fuel
Cell* (MFC) BERBASIS MEMBRAN GERABAH BENTONIT**

**Skripsi Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana Kimia**



**Disusun Oleh:
Azura Mawaddah
18106030002**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2022



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-2870/Un.02/DST/PP.00.9/12/2022

Tugas Akhir dengan judul : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*), Bonggol Jagung (*Zea mays*), Ampas Tebu (*Saccharum*), dan Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) Sebagai Substrat Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Membran Gerabah Bentonit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AZURA MAWADDAH
Nomor Induk Mahasiswa : 18106030002
Telah diujikan pada : Senin, 12 Desember 2022
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: 63a51f50cb2d8



Penguji I

Khamidinal, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 63a2adeabf1c5



Penguji II

Atika Yahdiyani Ikhsani, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 63a5093a8a7d3



Yogyakarta, 12 Desember 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 63a55104da18c



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 : Azura Mawaddah
NIM : 18106030002
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*), Bonggol Jagung (*Zea mays*), Ampas Tebu (*Saccharum*), dan Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) sebagai Substrat *Microbial Fuel Cell* (MFC) 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.

Yogyakarta, 29 November 2022

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 : Azura Mawaddah
NIM : 18106030002
Judul Skripsi. : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculent*), Bonggol Jagung (*Zea mays*), Ampas Tebu (*Saccharum*), dan Kulit Pisang Ambon (*Musa acumnita colla*) Sebagai Substrat *Microbial Fuel Cell* (MFC) 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 terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 21 Desember 2022
Konsultan

Khamdinal, M.Si
NIP. 19691 104 200003 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 : Azura Mawaddah

NIM : 18106030002

Judul Skripsi. : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*), Bonggol Jagung (*Zea mays*), Ampas Tebu (*Saccharum*), dan Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata colla*) Sebagai Substrat *Microbial Fuel Cell* (MFC) 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 terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 22 Desember 2022

Konsultan

Atika Yahdiyani Ikhsani, M.Sc

NIP. 19920613 201903 2 014

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Azura Mawaddah
NIM : 18106030002
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*), Bonggol Jagung (*Zea mays*), Ampas Tebu (*Saccharum*), dan Kulit Pisang Ambon (*Musa acumnita colla*) sebagai Substrat *Microbial Fuel Cell* (MFC) 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, 30 November 2022



Azura Mawaddah
NIM: 18106030002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta*),
BONGGOL JAGUNG (*Zea mays*), AMPAS TEBU (*Saccharum*), DAN KULIT
PISANG AMBON (*Musa acuminata colla*) SEBAGAI SUBSTRAT *Microbial Fuel
Cell* (MFC) BERBASIS MEMBRAN GERABAH BENTONIT**

Oleh:

**Azura Mawaddah
18106030002**Pembimbing:
Sudarlin, M.Si

Karbohidrat dapat dipergunakan sebagai sumber nutrisi mikroorganisme dalam sistem *Microbial Fuel cell* (MFC). Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan energi listrik dengan parameter kuat arus (I) dan beda potensial (V) limbah cair dari kulit singkong (KS), bonggol jagung (BJ), ampas tebu (AT) serta kulit pisang ambon (KP) sebagai substrat pada MFC. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar limbah substrat MFC tersebut menggunakan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Ruang anoda berupa gerabah bentonit diisi substrat limbah karbohidrat dan ruang katoda diisi katolit KMnO_4 0,15 M. Kuat arus tertinggi 4,41 mA dengan rata-rata 2,86 A pada MFC-BJ dengan beda potensial 0,78 V dan rata-rata 0,65 V. Penurunan COD tertinggi yakni MFC-BJ 40,27% atau -15,813 mg/L dan BOD tertinggi MFC-AT 52,07% atau -1,474 mg/L. Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai $P < 0,05$ pada kuat arus serta beda potensial MFC-KS, MFC-BJ, MFC-AT, dan MFC-KP yang menandakan terdapat perbedaan signifikan terhadap variasi substrat karbohidrat.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell*, Karbohidrat, kuat arus, beda potensial, COD, BOD.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRACT**UTILIZATION WASTE OF CASSAVA PEELS (*Manihot esculenta*), CORN COBS (*Zea mays*), BAGASSE (*Saccharum*), AND AMBON BANANA PEELS (*Musa acuminata colla*) AS A Microbial Fuel Cell (MFC) SUBSTRATE BASED ON BENTONITE MEMBRANE**

By:

Azura Mawaddah**18106030002**

Supervisor:

Sudarlin, M.Si

Carbohydrates can be used as a nutrient source for microorganisms in the Microbial Fuel cell (MFC) system. This study aims to determine the difference in electrical energy with the parameters of current strength (I) and potential difference (V) of liquid waste from cassava peel (KS), corn stalks (BJ), bagasse (AT) and banana peel (KP) as substrates in MFC. This study also aims to determine the decrease in the level of MFC substrate waste using Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) parameters. The anode chamber is bentonite pottery filled with carbohydrate waste substrate and the cathode chamber is filled with 0.15 M KMnO₄ catholyte. The highest current strength was 4.41 mA with an average of 2.86 A in MFC-BJ with a potential difference of 0.78 V and an average of 0.65 V. The highest COD reduction is MFC-BJ 40.27% or -15.813 mg/L and the highest BOD is MFC-AT 52.07% or -1.474 mg/L. The ANOVA test results show a value of $P < 0.05$ in the current strength and potential difference of MFC-KS, MFC-BJ, MFC-AT, and MFC-KP which indicates that there are significant differences in carbohydrate substrate variations.

Keywords: Microbial Fuel Cell, carbohydrate, current, potential difference, COD, BOD.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“...Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu...” (QS. Ibrahim: 7)

Kepanikan adalah separu penyakit, ketenangan adalah separuh obat, dan kesabaran adalah awal kesembuhan - Ibnu Sina



HALAMAN PERSEMBAHAN

*Skripsi ini saya persembahkan kepada
Kedua orang tua Muhammad Dahlan dan Yuliarna
Almometer Program Studi Kimia Uin Sunan Kalijaga*



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji dan syukur kepada Allah Swt. yang telah melimpahkan kasih, karunia dan kehendak-Nya sehingga mampu menyelesaikan skripsi berjudul “*Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong (Manihot esculenta), Bonggol Jagung (Zea mays), Ampas Tebu (Saccharum), dan Kulit Pisang Ambon (Musa acumnita colla) Sebagai Substrat Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Membran Gerabah Bentonit*” sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Penyusun mengucapkan terima kasih sebesar-sebesarnya kepada semua pihak yang telah tulus memberi dorongan, semangat, masukan, dan saran sehingga penyusun mampu sampai pada tahap penyelesaian. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku kepala program Studi Kimia
3. Bapak Sudarlin, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang membangun.
4. Seluruh Dosen Program Studi Kimia, Staf serta Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu juga bantuan yang bermanfaat.
5. Muhammad Dahlan dan Yuliarna selaku orang tua yang selalu melimpahkan kasih sayang, energi positif serta sabar dalam mendidik.
6. Hayyu Mawardi dan Khaira Nabila selaku adik yang mampu memberikan semangat dan sabar dalam menghadapi penulis sebagai kakak.
7. Leta sebagai teman satu tema dan Dinda teman seperbimbingan penelitian yang senantiasa membantu serta berdiskusi dalam penyusunan skripsi ini.
8. Ika, Shofa, dan Adinda selaku teman dekat yang selalu dapat diandalkan.
9. Dinda, Ani, Diza, Febri, Nita, Sayyi, Yunia, dan pak Ali selaku keluarga Alisaponifikasi yang selalu ikhlas dalam membantu segala hal.

10. Keluarga besar Kimia 2018 (Caffein'18) yang telah kebersamai selama masa studi.
11. Semua pihak yang ikut berkontribusi dalam penulisan skripsi ini yang tidak mampu penyusun sebutkan satu-persatu.

Penyusun menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini sehingga, penyusun terbuka dalam kritik dan saran membangun dari seluruh pihak agar lebih baik lagi kedepannya. Penyusun berharap supaya skripsi ini mampu menjadi acuan riset dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 29 November 2022



Azura Mawaddah



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/ TUGAS AKHIR	iii
NOTA DINAS KONSULTASI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASILIAN SKRIPSI.....	vi
ABSTRAK	vii
HALAMAN MOTTO	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	9
1. Microbial Fuel Cell.....	9
2. Substrat	10
3. Uji Molisch	12
4. Uji <i>X-Ray Diffraction</i>	13
5. Parameter Limbah Cair	13
C. Hipotesa.....	14
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 Membran gerabah Bentonit.....	17
2. Uji X-Ray Diffraction	18
3. Preparasi Elektroda	18
4. Preparasi Substrat	18
5. Uji Molisch	19
6. Preparasi Reaktor MFC	19
7. Running MFC	20
E. Teknik Analisis Data	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
A. Karakterisasi Membran dan Substrat.....	22
B. Hasil Pengukuran Energi Listrik	24
C. Parameter Limbah.....	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
A. Kesimpulan.....	30
B. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN	40
CURRICULUM VITAE	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kinerja MFC.....	10
Gambar 3. 1. Ilustrasi rangkaian reaktor MFC.....	20
Gambar 4. 1. Difaktogram XRD gerabah murni dan campuran Na-bentonit.....	22
Gambar 4. 2. Grafik kuat arus listrik.....	24
Gambar 4. 3. Grafik beda potensial listrik.....	25



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Hasil uji molisch BJ, KS, AT, KP dan akuades	23
Tabel 4. 2. Hasil uji COD dan BOD MFC-AT, MFC-BJ, MFC-KS, dan MFC-KP	27



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Karbohidrat merupakan salah satu jenis bahan organik dengan limbah yang dapat digunakan sebagai substrat MFC. Substrat dengan kandungan karbohidrat bermanfaat sebagai nutrisi bagi mikroba (Warsa, *et al.*, 2013). Akan tetapi, pemanfaatan limbah karbohidrat saat ini masih belum banyak digunakan pada sistem MFC. Potensi kelistrikan yang dihasilkan pada sistem MFC berkaitan dengan jumlah substrat yang tersedia sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme (Inayati, *et al.*, 2015).

Fitrass (2021) meneliti penggunaan substrat karbohidrat pada MFC berbasis limbah kulit pisang ambon dan membran gerabah bentonit. Potensi listrik yang dihasilkan berupa tegangan sebesar 0,98 V dan kuat arus 3,50 mA. Hasil penelitian menunjukkan kandungan karbohidrat pada kulit pisang ambon sebesar 25,09% (Proverawati, *et al.*, 2019).

Peningkatan potensi karbohidrat sebagai substrat MFC dapat dilakukan menggunakan sumber lain seperti kulit singkong, bonggol jagung, dan ampas tebu. Kadar karbohidrat ketiganya yang terkandung lebih tinggi dari kulit pisang ambon. Kadar karbohidrat pada kulit singkong sebesar 38,7% (Rukman 1997 dalam Wachid & Mutiara, 2019) atau 34% (Salim, 2011). Bonggol jagung mengandung karbohidrat sebesar 15,52-30,91% (Septiningrum & Apriana P, 2011) atau 54,48% (Islamiyati, *et al.*, 2016). Ampas tebu mengandung karbohidrat 30-40% (BPPP, 2016) atau 17,5-53% (Samsuri, *et al.*, 2007). Data menunjukkan bahwa kadar karbohidrat tertinggi secara berurutan ialah ampas tebu, kulit singkong, bonggol jagung dan terakhir kulit pisang ambon.

Oleh karena itu, penelitian Fitrass (2021) dapat dilanjutkan menggunakan substrat karbohidrat dari kulit singkong, bonggol jagung dan ampas tebu. Hasil yang diharapkan tegangan dan kuat arus lebih tinggi karena kandungan kadar karbohidratnya lebih tinggi dari kulit pisang ambon.

Penelitian menggunakan limbah kulit singkong sebagai substrat MFC menghasilkan tegangan 687 ± 21 mV dan arus listrik $536,7$ mA/m³ (Adekunle & Raghavan, 2017). penelitian menggunakan limbah tongkol jagung sebagai substrat MFC menghasilkan tegangan maksimum sebesar 340 mV dan arus listrik $257,9$ mA/m³ (Tao, *et al.*, 2021). Sementara itu, Penelitian menggunakan bilasan ampas tebu (*bagasse*) sebagai substrat MFC telah dilakukan dengan hasil tegangan 56,35 mV dan kuat arus 25,49 mA/cm² (Winaya, *et al.*, 2011).

Penelitian lainnya dengan produksi listrik lebih rendah dihasilkan oleh Sutanto *et al.*, 2018 menggunakan limbah kulit singkong sebagai substrat menghasilkan tegangan 20,76 V dan kuat arus 2,43 mA. Penelitian menggunakan bonggol jagung sebagai substrat MFC menghasilkan tegangan 0,9 V dan kuat arus 0,4679 mA (Arigeni, *et al.*, 2019). Penelitian menggunakan substrat ampas tebu dengan tegangan 1056,34 mV dan kuat arus 0,0165 mA (Islam, *et al.*, 2018). Islam, *et al* (2018) dalam penelitiannya menggunakan biofilm yang berfungsi sebagai membran untuk meminimalisir difusi oksigen ke anoda, sedangkan pada penelitian Arigeni, *et al.*, 2019 dan Sutanto, *et al.*, 2018 menggunakan jembatan garam sebagai transport elektron.

Potensi listrik limbah kulit singkong, bonggol jagung, dan ampas tebu sebagai substrat MFC yang lebih rendah pada penelitian Islam, *et al* (2018), Arigeni, *et al* (2019)

dan Sutanto, *et al* (2018) dapat ditingkatkan dengan modifikasi membran. Penelitian dengan menggunakan modifikasi membran gerabah bentonit menghasilkan energi listrik maksimum dari modifikasi membran Na-bentonit dengan rata-rata tegangan 1,24 V dan rata-rata sebesar 8,011 mA (Setiyowati, 2021).

Selain meningkatkan potensi listrik dalam sistem MFC, penelitian ini juga memadai sehingga dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan pada lingkungan. Limbah kulit singkong, bonggol jagung, kulit pisang dan ampas tebu diharapkan dapat memaksimalkan fungsi limbah karbohidrat saat ini. Produksi singkong, jagung, pisang dan tebu di Indonesia berada pada taraf yang cukup tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia 2021 produksi pisang mencapai 7,8 ton dan tebu 2130,7 ton sedangkan jagung 19,6 ton serta singkong 21.801 ton ditahun 2015. Besarnya produksi tidak diimbangi dengan pengolahan limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai substrat pada mekanisme MFC karena mengandung senyawa-senyawa seperti karbohidrat yang dapat digunakan sebagai nutrisi mikroba (Muftiana, *et al.*, 2018).

Pembaharuan pada penelitian ini terletak pada variasi limbah yang dipakai berbasis karbohidrat. Parameter yang digunakan pada penelitian yakni kuat arus(I), tegangan (V), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

B. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Substrat karbohidrat yang digunakan pada MFC adalah limbah kulit singkong (KS), bonggol jagung (BJ), ampas tebu (AT) dan kulit pisang ambon (KP)

2. Uji jenis bakteri pada limbah tidak dilakukan
3. Analisis kualitatif karbohidrat dilakukan menggunakan metode uji Molisch
4. Konsentrasi karbohidrat berdasarkan literatur
5. Inkubasi substrat KS, BJ, dan KP selama 24 jam sedangkan inkubasi AT 40 jam.
6. Gerabah dimodifikasi menggunakan Na-bentonit dengan perbandingan 20:80
7. Parameter potensi listrik berupa kuat arus (I) dan tegangan (V) sedangkan parameter penurunan limbah adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebagai parameter limbah.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana potensi listrik yang dihasilkan MFC-KS, MFC-BJ, dan MFC-AT dibandingkan dengan MFC-KP berdasarkan parameter tegangan (V) dan kuat arus (I)?
2. Bagaimana perbedaan penurunan kadar limbah pada MFC-KS, MFC-BJ, dan MFC-AT dibandingkan dengan MFC-KP berdasarkan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD)?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan potensi listrik yang dihasilkan pada substrat berbasis limbah karbohidrat berupa MFC-KS, MFC-BJ, dan MFC-AT dibandingkan dengan MFC-KP berdasarkan parameter tegangan (V) dan kuat arus (I)

2. Menganalisa perbedaan penurunan kadar limbah pada MFC-KS, MFC-BJ, dan MFC-AT dibandingkan dengan MFC-KP berdasarkan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD)?

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai sumber pengetahuan dalam pengolahan limbah karbohidrat pangan masyarakat yang besar. Mengetahui kadar COD dan BOD dari limbah karbohidrat pangan masyarakat dan dapat menggunakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, ekonomis, serta efisien.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan MFC-BJ, MFC-AT, dan MFC-KS memiliki potensi kelistrikan yang lebih tinggi dari MFC-KP berdasarkan parameter kuat arus dan beda potensial. Kuat arus tertinggi 4,41 mA serta rata-rata 2,86 mA pada MFC-BJ dengan beda potensial tertinggi 0,78 V dan rata-rata 0,65 V. Beda potensial yang lebih stabil terlihat pada MFC-KS kemudian MFC-BJ dan MFC-AT.
2. Penurunan kadar limbah menggunakan substrat karbohidrat MFC-BJ, MFC-AT, MFC-KS lebih tinggi dari MFC-KP. Penurunan COD yang lebih baik pada MFC-BJ 40,27% atau -15,813 mg/L dan penurunan BOD yang lebih baik pada MFC-AT 52,07% atau -1,474 mg/L.

B. Saran

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi konsentrasi substrat dengan satu jenis karbohidrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arigeni, R., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2019). Analisis Produksi Energi Listrik Pada Microbial Fuel Cell Menggunakan Substrat Tongkol Jagung Dengan Kontrol Suhu. *e-Proceeding of Engineering*, 6(1), 1091.
- A. Maulana, K., Samudro, G., & Sumiyati, S. (2015). Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Jumlah Gac Terhadap Kinerja Dual Chamber Granular Activated Carbon-microbial Fuel Cells (Gac-dcmfcs). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(2), 1-6.
- Adekunle, A., & Raghavan, V. (2017). Evaluation of the Suitability and Performance of Cassava Waste (Peel) Extracts in a Microbial Fuel Cell for Supplementary and Sustainable Energy Production. *Waste Management & Research*, 35(1), 47-55. doi: 10.1177/0734242X16670487
- Afandi, F. A., Wijaya, C. H., Faridah, D. N., & Suyatma, N. E. (2019). Hubungan antara Kandungan Karbohidrat dan Indeks Glikemik pada Pangan Tinggi Karbohidrat. *Jurnal Pangan*, 28(2), 145-160. doi:10.33964/jp.v28i2.422
- Ainun, M., & Suyati, L. (2018). Bioelectricity of Various Carbon Sources on Series Circuit from Microbial Fuel Cell System using *Lactobacillus plantarum*. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 2(21), 70-74.
- Antao, S. M., Hassan, I., Wang, J., Lee, P. L., & Toby, B. H. (2008). State-of-the-art high-resolution powder X-ray diffraction (HRPXRD) illustrated with Rietveld structure refinement of quartz, sodalite, tremolite, and meionite. *The Canadian Mineralogist*, 46(6), 1501-1509. doi:https://doi.org/10.3749/canmin.46.5.1501
- Ardi, S. B. (2020). *Pemanfaatan Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Bakteri Lactobacillus Plantarium Dengan Substrat Batang Sagu (Metroxylon)*. Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Atina. (2015). Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah. *Sainmatika*, 12(2), 28-42.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2016). *KEMENTERIAN PERTANIAN BADAN LITBANG PERTANIAN*. Retrieved Januari 25, 2022, from <https://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2764/>
- Badan Pusat Statistik . (2015). *Statistik Tebu Indonesia*. BPS. Retrieved Januari 12, 2022

- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2021). *Statistik Indonesia 2021*. (Direktorat Diseminasi Statistik, Ed.) Badan Pusat Statistik.
- Basuki, E., Widyastuti, S., Prarudiyanto, A., Saloko, S., Cicilia, S., & Amaro, M. (2019). *Kimia Pangan*. Mataram: Mataram University Press.
- Cheng, J., Zhu, X., Ni, J., & Borthwick, A. (2010). Palm oil mill effluent treatment using a two-stage microbial fuel cells system. *Bioresource Technology*, *101*, 2729-2734. doi:10.1016/j.biortech.2009.12.017
- Christwardana, M., Joelianingsih, J., & Yoshi, L. A. (2021). Performance of Yeast Microbial Fuel Cell Integrated with Sugarcane Bagasse Fermentation for COD Reduction and Electricity Generation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, *16*(3), 446-458. doi:https://doi.org/10.9767/bcrec.16.3.9739.446-458
- Di Ilio, G., & Falcucci, G. (2020). Multiscale methodology for microbial fuel cell performance analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*. doi:10.1016/j.ijhydene.2020.04.057
- Ekayanti, N. L., Darsono, F. L., & Wijaya, S. (2019). Formulasi Sediaan Krim Pelembab Ekstrak Air Buah Semangka. *JOURNAL OF PHARMACY SCIENCE AND PRACTICE*, *6*(1), 36-43. doi:DOI: https://doi.org/10.33508/jfst.v6i1.2011
- Fitrass, U. (2021). Perbandingan Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Substrat Limbah Kulit Pisang Ambon (*Musa Acuminata Colla*) dan Limbah Tempe Berbasis Membran Gerabah Bentonit. *SKRIPSI*. Retrieved from <http://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/46962>
- Fitriani, F. Z., Suyati, L., & Rahmanto, W. H. (2017). Pengaruh Konsentrasi Substrat Maltosa terhadap Potensial Listrik Baterai *Lactobacillus bulgaricus* (MFC). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, *20*(2), 74-78.
- 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*, 320-328. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2015.03.105
- Gu, X., Chen, D., Wu, F., He, S., & Huang, J. (2021). Recycled utilization of *Iris pseudacorus* in constructed wetlands: Litters self-consumption and nitrogen removal improvement. *Chemosphere*, *262*, 127863. doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127863

- Hamdun, N. A., & Nababan, S. (2019). *Rancangan Bangun Prototype Microbial Fuel Cell dengan Memanfaatkan Mikroba pada Fases Sapi sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Universitas Mataram. NTB.
- Hanum, G. R. (2017). *BIOKIMIA DASAR*. Sidoarjo: UMSIDA PRESS. Retrieved from <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/download/978-979-3401-62-1/782/>
- Hendri, N. Y., Gusnedi, & Ratnawulan. (2015). Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar Of Physic*, 6, 97-104. doi:<http://dx.doi.org/10.24036/1943171074>
- Hermawan, K. V., Djaenudin, & Sururi, M. R. (2014). Pengolahan Air Limbah Industri Tahu menggunakan Sistem DoubleChamber Microbial Fuel Cell. *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(2), 1-9.
- Hidayat, A. I., Kirom, M. R., & Salam, R. A. (2022). Sistem Semi kontinu Tubular Microbial Fuel Cell. *eProceedings of Engineering*, 9(3). Retrieved from <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/17979>
- Hidayat, M. T., & Nugraha, I. (2018). Kajian Kinerja Ca-Bentonit Kabupaten Pacitan-Jawa Timur Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Material Lepas Lambat (Slow Release Material) Pupuk Organik Urin Saoi. *Indonesian Journal of Materials Chemistry*, 1(1), 27-37.
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjani, Z. N. (2017). Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik dengan Perbedaan Jenis Elektroda pada Limbah Cair Perikanan. *JPHPI*, 20(2), 296-304. doi:<http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17946>
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjani, Z. N. (2020). Kinerja Membran Komposit Kitosan-Karagenan pada Sistem Microbial Fuel Cell dalam Menghasilkan Biolistrik dari Limbah Pemindangan Ikan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 142.
- Ibrahim, B., Uju, & Mukti, A. C. (2019). Densitas Biofilm pada Elektroda Berpengaruh Positif Terhadap Produksi Biolistrik Microbial Fuel Cell Limbah Cair Perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 71-79. doi:10.17844/jphpi.v22i1.25880

- Ikhlas, N., Sumiyati, S., & Sutrisno, E. (2014). Penurunan COD Limbah Cair Tapioka Dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Susunan Honeycomb Potongan Bambu dan Penambahan Effective Microorganism (EM-4). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4), 1-12.
- Inayati, N. S., Aminin, A. L., & Suyati, L. (2015). The Bioelectricity of Tofu Whey in Microbial Fuel Cell System with *Lactobacillus bulgaricus*. *JSM*, 3(1), 32-38.
- Irsan, Supriyanto, A., & Surtono, A. (2017). Analisis Karakteristik Elektrik Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Terbarukan untuk Mengisi Baterai Telepon Genggam. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 5(1). doi:<http://dx.doi.org/10.23960%2Fjtaf.v5i1.135>
- Islam, M. F., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2018). Analisis Produksi Energi Listrik Sistem Sel Tunam Mikroba (STM) Menggunakan Lumpur Sawah dan Limbah Tebu. *e-Proceeding of Engineering*, 5(3), 5618.
- Islamiyati, R., Surahman, Y., & Wardayanti. (2016). Kandungan Protein dan Serat Kasar Tongkol Jagung yang Diinkolusi *Trichoderma* sp. pada Lama Inkubasi yang Berbeda. *Buletin Nutrisi dan makanan Ternak*, 12(2), 59- 63.
- Kementrian Pertanian RI. (2017). *Informasi Gizi*. Retrieved Juli 06, 2021, from <http://pangannusantara.bkp.pertanian.go.id/?show=page&act=view&id=16>
- Kirom, M. R., & Nihayah, U. (2022). Studi Eksperimental Penggunaan Reaktor Microbial Fuel Cell (MFC) dengan Membran berongga sebagai Alat Memanen Energi terbarukan dari Variasi Limbah Organik. *The International Journal of Pegon: Islam Nusantara civilization*, 7(1), 135-149. doi:<https://doi.org/10.51925/inc.v7i01.63>
- Kiti, A. A., Jamilah, I., & Rusmarilin, H. (2020). Studi Kualitatif Aktivitas Amilolitik Bakteri Asam Laktat Yang Diisolasi Dari Pangan Tradisional Aceh Pliek U. *Health and Contemporary Technology Journal*, 1(1), 5-9. Retrieved from <http://ejurnal.seminar-id.com/index.php/hytech/article/view/88>
- Kristin, E. (2012). *Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe*. Depok: FT UI.
- Kurniati, E., Haji, A. T., & Permatasari, C. A. (2020). Pengaruh Penambahan EM4 dan Jarak Elektroda Terhadap Listrik Yang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3), 19-30. doi:<http://dx.doi.org/10.21776/ub.jsal.2019.006.03.3>

- Lantinen, S., Ouwehand, A. C., Salminen, S., & Wright, A. V. (2004). *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects* (Fourth Edition ed.). Inggris: CRC Press.
- Lapu, P., & Telussa, I. (2013). Analyzed The Resistant Starch Content of Some Type of Sago Starch in Embrassment with Heating Temperature Variations. *J. Chem. Res*, 1, 6-14.
- Latif, M., Fajri, A. D., & Muharam, M. (2020). Penerapan Sampah Buah Tropis untuk Microbial Fuel Cell. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 16(1), 1-7. doi:10.17529/jre.v16i1.15723
- Li, X. M., Cheng, K. Y., & Wong, J. W. (2013). Bioelectricity production from food waste leachate using microbial fuel cells: Effect of NaCl and pH. *Bioresource Technology*, 149, 452-458. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.037
- Liu, H. (2008). Microbial Fuel Cell: Novel Anaerobic Biotechnology for Energy Generation from Wastewater. *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Application* (pp. 221-242). Manoa: Blackwell Publishing.
- Mahardika, N. P., & Zuraida, R. (2016). Vitamin C pada Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* S.) dan Anemia Defisiensi Besi. *MAJORITY*, 5(4).
- Maitimu, M., Wakano, D., & Sahertian, D. (2020). Nilai Gizi Kulit Buah Pisang Ambon Lumut (*Musa acuaminata* colla) pada Beberapa Tingkat Kematangan Buah. *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 2(1).
- Mudrawan, F. (2014). *Identifikasi Senyawa Karbon*. UNIMED, KIMIA. MEDAN: Academia.
- Muftiana, I., Suyati, L., & Widodo, D. S. (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. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 21(1), 49 – 53. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/b60f/da10a5061700e8ae5eb44b42643b2f358793.pdf>
- Mulyono, T., Siswanto, Misto, R.A, M. G., & Cahyono, B. E. (2022). Studi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu sebagai Substrat dalam Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Keramik. (pp. 123-130). Jember: UNEJ e-Proceeding. Retrieved from <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosiding/article/view/32203>

- Munoz-Cupa, C., Hu, Y., Xu, C. (., & Bassi, A. (2020). An Overview of Microbial Fuel Cell Usage in Wastewater Treatment, Resource Recovery and Energy Production. *Science of the Total Environment*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142429>
- Natsir, M. F., Amaludin, Liani, A. A., & Fahsa, A. D. (2021). Analisis Kualitas BOD, COD dan TSS Limbah Cair Domestik (Grey Water) pada Rumah Tangga di Kabupaten Maros. *JNIK*, 4(1).
- Nirwana, R. E., & Windraswara, R. (2020). Metode Kombinasi Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Tepung Aren. *HIGEIA*, 4(4), 656-666. doi:<https://doi.org/10.15294/higeia.v4i4.34881>
- Novriandy, M., Tamjidillah, M., & Ramadhan, N. (2021). Pengaruh Mikroorganisme Terhadap Produktivitas Energi Listrik MFC dengan Variasi Limbah Pabrik Tahu dan Limbah Perikanan. *Rotary*, 3(1), 107-118.
- Nugraha, B. A., & Sopandi, T. P. (2022). Pengolahan Limbah Kulit Jeruk Sebagai Sumber Energi Terbarukan di Desa Selorejo, Kabupaten Malang: Literature Review. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(1), 1-17. doi:<http://dx.doi.org/10.20527/jukung.v8i1.12965>
- Nurjannah, S., Zaman, B., & Syukur, A. (2017). Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma Dielektrik Barrier Discharge (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1). Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>
- Olaoye, R. A., Afolayan, O. D., Idowu, T. A., & Olayinka, S. A. (2018). Evaluating the Effectiveness of Cassava Wastewater Treatment in a Low Cost Microbial Fuel Cell. *Archives of Current Research International*, 14(3), 1-9. doi:10.9734/ACRI/2018/42791
- Pelczar, M. J., & Chan, E. (2008). *Dasar-Dasar Mikrobiologi* (I ed.). Jakarta: UI Press.
- Perez, J., Munoz-Dorado, J., & Rubia, T. D. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int Microbiol*, 5(2), 53–63. doi:<https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3>
- Proverawati, A., Nuraeni, I., Sustriawan, B., & Zaki, I. (2019). Upaya Peningkatan Nilai Gizi Pangan Melalui Optimalisasi Potensi Tepung Kulit Pisang Raja, Pisang Kepok dan Pisang Ambon. *Jurnal Gizi dan Pangan Soedirman*, 3(1), 49-63. doi:<https://doi.org/10.20884/1.jgps.2019.3.1.1525>

- Rahmaniah, Ardi, S. B., & Fuadi, N. (2020). Aplikasi Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) untuk Menentukan Energi Listrik Substrat Batang Sagu (Metroxylon). *Teknosains: Media Informasi Sain dan Teknologi*, 2(14), 172-175. Retrieved from <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/teknosains/article/view/14233>
- Rohan, D., Deepa, V., Rohan, G., & Satish, B. (2013). Bioelectricity Production from Microbial Fuel using Escherichia Coli (Glucose and Brewery Waste). *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(7), 50-54.
- Rohman, A., & Sumantri. (2018). *Analisis Makanan*. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Rukman 1997 dalam Wachid, M., & Mutiara, P. (2019). Optimasi Media Kulit Singkong pada Pertumbuhan Sacharomyces Cerreviceae. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4(2), 92-101. Retrieved from <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/rekabuana>
- Ruskandi, C., Siswanto, A., & Widodo, R. (2020). Karakterisasi fisik dan kimiawi bentonite untuk membedakan natural sodium bentonite dengan sodium bentonite hasil aktivasi. *JURNAL POLIMESIN*, 18(1).
- Safitri, I. (2019). *Pemantauan Mikroorganisme Bakteri Aerob Udara Melayang pada Ruang Rawat Inap Kemuning Tuberkulosis dan Ruang Antrium di RSUP DR. Hasan Sadikin Bandung*. Universitas Pasundan, Teknik Lingkungan . Bandung: Fakultas Teknik Unpas.
- Safitri, U. N., Anggo, A. D., & Fahmi, A. S. (2020). Kinerja Sediment Microbial Fuel Cell Penghasil Listrik dengan Nutrien Limbah Industri Filet Ikan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 2(1), 20-28. Retrieved from <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jitpi/article/view/8084/4208>
- Salim, E. (2011). *Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf, Bisnis Produk Alternatif Pengganti Terigu*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Samsuri, M., Gozan, M., Mardias, R., Baiquni, Hermansyah, H., Wijanarko, A., . . . Nasikin, M. (2007). Pemanfaatan Sellulosa Bagas untuk Produksi Etanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. *Makara Teknologi*, 11(1), 17-24.
- Septiningrum, K., & Apriana P, C. (2011). Produksi Xilanase dari Tongkol Jagung dengan Sistem BIoproses menggunakan Bacillus Circulans untuk Pra-Pemutihan Pulp. *Jurnal Riset Industri*, 5(1), 87-97.

- Setiyowati, I. D. (2021). Perbedaan Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) berbasis Limbah cair Tempe menggunakan Membran Gerabah diperkaya Na-Bentonit dan Ca-Bentonit. *SKRIPSI*.
- Setyawati, V. A., & Hartini, E. (2018). *Buku Ajar Dasar Ilmu Gizi Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Deepublish.
- Siagian, P. V. (2019). Analisis Asupan Karbohidrat, Lemak dan Serat pada Siswa yang Kelebihan Berat Badan di SMP Negeri 2. *Skripsi*.
- Surya, P. (2012). Karakterisasi Adsorben komposit aluminium Oksida pada Lempung Teraktivasi Asam. *JURNAL KIMIA*, 6(1), 93-100.
- Suryaningrum, L. H., & Samsudin, R. (2019). Potensi Enzim Selulase Dalam Mendegradasi Material Lignoselulosa Sebagai Bahan Pakan Ikan. (pp. 71-75). Jakarta: Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. doi:10.31227/osf.io/xc9zr
- Sutanto, T., Supriyanto, A., & Surtono, A. (2018). Analisis Karakteristik Elektrik Limbah Kulit Singkong Berbentuk Pasta Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 06(02).
- Tao, M., Jing, Z., Tao, Z., Luo, H., & Zuo, S. (2021). Improvements of nitrogen removal and electricity generation in microbial fuel cell-constructed wetland with extra corncob for carbonlimited wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 297. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126639
- Tutik, S., & Sutarno. (2018). *Prinsip Dasar dan Aplikasi Metode Difraksi Sinar-X* (Masruroh ed.). Malang: UB Press. Retrieved from https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=T95qDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=prinsip+difraksi+sinar+x&ots=r2jMqRiFvc&sig=O5eyEZKxCvHkjp6ayF2HKGTKAN4&redir_esc=y#v=onepage&q=prinsip%20difraksi%20sinar%20x&f=false
- Wahyuni, I., Heriyono, H., Aisyah, Baharuddin, M., & Patunrengi, I. I. (2022). Potensi Energi Listrik dari Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Substrat Molase dan Bakteri *Pseudomonas* sp. *Alchemy: Journal of Chemistry*, 10(2), 8-13. doi:https://doi.org/10.18860/al.v10i1.12154
- Warsa, I. W., Septiyani, F., & Lisna, C. (2013). BIOETANOL DARI BONGGOL POHON PISANG. *Teknik Kimia*, 8(1).

- Widiana, R. (2020). *Pemanfaatan Batang Pisang sebagai Substrat dalam Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Lactobacillus Plantarum*. Makassar. Retrieved from <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/18096/>
- Widodo, A. A., & Ali, M. (2019). Biokonversi Bahan Organik pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Envirotek*, 11(2).
- Widyaningrum, H., & Purnomo, Y. S. (2020). *Penurunan BOD, COD dan MLSS pada Air Limbah Tahu Menggunakan Fakultatif Anaerobic Horizontal Roughing Filter*. Doctoral dissertation, UPN VETERAN, JATIM.
- Winaya, I. N., Sucipta, M., & Putra, A. K. (2011). Memanfaatkan Air Bilasan Bagas Untuk Menghasilkan Listrik Dengan Teknologi Microbial Fuel Cells . *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra. M*, 5(1), 57-63.
- Yogaswara, R. R., Gunawan, A., Purwanto, M., & Prakoso, T. A. (2019). Produksi Energi Listrik dari Microbial Fuel Cell (MFC) dengan Limbah Cair Pengolahan Tahu sebagai Substrat. 15, pp. 36-40. Surabaya: SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA SOEBARDJO BROTOHARDJONO XV.

