

**VARIASI JENIS KATOLIT PADA *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC)
BERBASIS SUBSTRAT LIMBAH CAIR TEMPE DAN MEMBRAN
GERABAH Na-BENTONIT**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1**



**Oleh:
Julieta Riyani Putri
18106030035**

**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-2263/Un.02/DST/PP.00.9/10/2022

Tugas Akhir dengan judul :
Variasi Jenis Katolit Pada Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Substrat Limbah Cair Tempe dan Membran Gerabah Na-Bentonit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : JULIETA RIYANI PUTRI
Nomor Induk Mahasiswa : 18106030035
Telah diujikan pada : Rabu, 31 Agustus 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: 6345f09141ed7



Penguji I

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

Valid ID: 6348fc623134e



Penguji II

Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 633fa339661fd



Yogyakarta, 31 Agustus 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 634d01ed8530a



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 : Julieta Riyani Putri
NIM : 18106030035
Judul Skripsi : Variasi Jenis Katolit Pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Limbah Cair Tempe dan Membran Gerabah Na-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 Agustus 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 : Julieta Riyani Putri

NIM : 18106030035

Judul Skripsi. : Variasi Jenis Katolit Pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Limbah Cair Tempe dan Membran Gerabah Na-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, 07 Oktober 2022

Konsultan

Khamidinal, S.Si., M.Si

NIP. 19691104 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 : Julieta Riyani Putri

NIM : 18106030035

Judul Skripsi. : Variasi Jenis Katolit Pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Limbah Cair Tempe dan Membran Gerabah Na-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, 07 Oktober 2022

Konsultan


Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Si
NIP. 19760830 200312 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Julieta Riyani Putri
NIM : 18106030035
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Variasi Jenis Katolit Pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Substrat Limbah Cair Tempe dan Membran Gerabah Na-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, 29 Agustus 2022



Julieta Riyani Putri
NIM 18106030035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

Jatuh berkali-kali bukan berarti kamu gagal. Namun, menyerah sekali saja adalah
akhir dari segalanya

“A winner is dreamer who never gives up”

-Nelson Mandela-



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Semua orang yang membaca skripsi ini kelak

Serta untuk Almamater Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN

Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah dan rida-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Variasi Jenis Katolit Pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe dan Membran Gerabah Na-Bentonit”. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi kebahasaan ataupun dari segi lainnya karena keterbatasan pemahaman dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran dari pembaca penulis terima untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini yang telah memberikan motivasi, semangat, doa dan nasihat-nasihat yang mendorong penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Sudarlin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia untuk meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan arahan serta masukkan kepada penulis.

4. Bapak Indra Nafiyanto, S.Si. selaku PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian.
5. Ibu Suparyani dan Cita selaku keluarga yang selalu memberikan dukungan moral dan moril.
6. Azura dan Dinda selaku teman satu pembimbing yang senantiasa memberikan bantuan, memberi dukungan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
7. Yuni, Rafida, Risma dan Faiz selaku sahabat penulis yang selalu ada dalam keadaan susah dan senang serta memberikan dukungan kepada penulis.
8. Iqlima, Ais, Lutfiah, Febri dan Mas Anggit yang telah mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.
9. Teman-teman Keluarga Caffein angkatan 2018 yang telah memberi motivasi.
10. Saya sendiri yang telah bertahan dan berjuang dalam penulisan skripsi ini.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Yogyakarta, 21 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
NOTA DINAS KONSULTASI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan teori.....	9
1. <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC).....	9
2. <i>Double Chamber</i>	10
3. Katolit.....	11
4. <i>Proton Exchange Membran</i> (PEM).....	12
5. Limbah Tempe.....	13
C. Hipotesis Penelitian.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
B. Alat Penelitian.....	16
C. Bahan Penelitian.....	16
D. Cara Kerja Penelitian.....	17
E. Teknik Analisis Data.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
A. Karakteristik Membran Gerabah Na-Bentonit.....	21
B. Hasil Pengukuran Potensi Listrik.....	22
C. Hasil Uji Parameter pada Limbah Cair Tempe.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
A. Kesimpulan.....	31
B. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN.....	38
CURRICULUM VITAE.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja MFC	10
Gambar 2. 2 <i>Double Chamber</i> MFC.....	11
Gambar 2. 3 Reaktor Microbial Fuel Cell.....	19
Gambar 4. 1 Difraktogram XRD Murni dan Campuran	21
Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Kuat Arus dengan Variasi Jenis Katolit.....	23
Gambar 4. 3 Hasil Pengukuran Tegangan dengan Variasi Jenis Katolit	25
Gambar 4. 4 Hasil Pengukuran Power Density dengan Variasi Jenis Katolit .	27



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Nutrisi Limbah Cair Tempe Hasil Rendaman	13
Tabel 4. 1 Hasil Uji COD dan BOD pada Limbah Cair Tempe.....	28



ABSTRAK**Variasi Jenis Katolit Pada *Microbial Fuel Cell* (MFC)
Berbasis Substrat Limbah Cair Tempe dan Membran Geraban
Na-Bentonit**

Oleh

Julieta Riyani Putri**18106030035**

Pembimbing

Sudarlin, M.Si.

Penelitian mengenai variasi jenis katolit *Microbial Fuel Cell* (MFC) dengan limbah cair tempe dan membran geraban Na-bentonit telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan dan menganalisis potensi listrik serta penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah cair tempe dengan variasi jenis katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan NaOCl . Sistem MFC yang digunakan adalah *double chamber* dengan membran geraban Na-bentonit serta variasi jenis katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan NaOCl . Pengukuran kuat arus dan tegangan dilakukan setiap 4 jam sekali selama 48 jam. Pengukuran penurunan COD dan BOD dilakukan sebelum dan sesudah proses *running* MFC. *Power Density* rata-rata tertinggi dihasilkan pada sistem MFC dengan katolit KMnO_4 sebesar $182,52 \text{ mW/m}^2$, sedangkan penurunan COD dan BOD tertinggi dihasilkan pada sistem MFC dengan katolit $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebesar $1436,695 \text{ mg/L}$ dan $1067,755 \text{ mg/L}$. Hasil uji ANOVA untuk parameter kuat arus, tegangan dan *power density* menghasilkan hasil yang signifikan yang berarti adanya pengaruh variasi jenis katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan NaOCl pada sistem MFC.

Kata Kunci: *Microbial Fuel Cell*, Na-bentonit, KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaOCl , *power density*, limbah cair tempe, COD, BOD

ABSTRACT**Variations in Types of Catholytes in Microbial Fuel Cell (MFC)
Based on Tempe Liquid Waste Substrate and Na-Bentonite Earthenware
Membrane**

By:

Julieta Riyani Putri**18106030035**

Supervisor

Sударlin, M.Si

Research on variations in the types of catholyte Microbial Fuel Cell (MFC) with tempe liquid waste and Na-bentonite earthenware membrane has been carried out. The purpose of this study was to determine and analyze the electrical potential and the decrease in Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) of tempe liquid waste with various types of catholytes KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ and NaOCl . The MFC system used is a double chamber with Na-bentonite earthenware membrane and various types of catholytes KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ and NaOCl . Measurement of current and voltage is carried out every 4 hours for 48 hours. Measurement of COD and BOD reduction was carried out before and after the MFC running process. The highest average power density was produced in the MFC system with KMnO_4 catholyte of $182,52 \text{ mW/m}^2$, while the highest COD and BOD reduction was obtained in the MFC system with $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ catholyte of $1436,695 \text{ mg/L}$ and $1067,755 \text{ mg/L}$. The results of the ANOVA test for the parameters of current, voltage and power density produced significant results, which means that there is an effect of variations in the type of catholytes KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ and NaOCl on the MFC system.

Keyword: *Microbial Fuel Cell, Na-bentonite, KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaOCl , power density, tempe liquid waste, COD, BOD*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan salah satu dari sumber energi alternatif ramah lingkungan yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan energi dan dapat menjadi sumber energi di masa depan. Rangkaian MFC pada umumnya tersusun dari anoda dan katoda yang dibatasi oleh suatu membran pertukaran proton atau *Proton Exchange Membran* (PEM). Di ruang anoda, bakteri yang berasal dari substrat organik akan menghasilkan proton dan elektron. Elektron dialirkan ke katoda melalui sirkuit luar dan proton melewati PEM menuju ruang katoda, dimana keduanya bereaksi dengan oksigen membentuk air (Yaqoob, et al., 2020). Sementara itu, di ruang katoda dibutuhkan katolit sebagai penangkap elektron yang berasal dari ruang anoda.

Pandit, et al (2011) membandingkan kinerja akseptor elektron dalam katolit berbasis membran penukar anion menggunakan mikroba *S. putrefaciens*. Hasil yang diperoleh adalah kinerja akseptor katodik kalium permanganat (1,11 V; 116,2 mW/m²), kalium persulfat (1,10 V; 101,7 mW/ m²), kalium dikromat (0,76 V; 45,9 mW/ m²), dan kalium ferisianida sebesar 0,78V; 40,6 mW/ m²). Kalium persulfat merupakan akseptor elektron yang lebih cocok karena menghasilkan potensi listrik yang tinggi dan persulfat dapat mempertahankan tegangan untuk waktu yang lebih lama dibandingkan kalium permanganat. Namun, kalium persulfat memiliki kelemahan yaitu biaya yang mahal sehingga jarang digunakan untuk skala laboratorium (Citrasari, 2014).

Utami, *et al* (2014) telah melakukan penelitian MFC menggunakan variasi jenis katolit yaitu ammonium klorida-kalium klorida, kalium permanganat dan kalium persulfat. Penelitian ini menggunakan desain ruang tunggal yaitu kultur campuran mikroba air limbah tempe dan kultur murni *L.bulgaricus* yang dicampur dengan katolit ammonium klorida-kalium klorida, kalium permanganat dan kalium persulfat. Hasil penelitian menunjukkan rapat tegangan dan rapat daya tertinggi terjadi saat menggunakan kalium permanganat dengan kultur murni *L.bulgaricus* yaitu sebesar 457 mV dan 167,7 mW/m². MFC *single chamber* memiliki kelemahan yaitu umumnya tidak menggunakan PEM sehingga terjadi kontaminasi mikroba dan difusi oksigen dari katoda menuju anoda (Kim, *et al.*, 2008).

Zalukhu, *et al* (2019) melakukan penelitian menggunakan kalium permanganat dengan limbah cair tempe sebagai substrat. Desain reaktor MFC yang digunakan adalah *dual-chamber* dengan menggunakan membran penukar kation. Hasil yang diperoleh berupa tegangan maksimum 1,308 V, arus maksimum 3,01 mA dan *power density* sebesar 266,630137 mW/m². Penelitian MFC menggunakan katolit kalium permanganat dan limbah cair tempe sebagai substrat juga dilakukan oleh Syahri (2019). Desain MFC pada penelitian ini adalah *dual chamber* dengan menggunakan jembatan garam dan elektroda grafit yang digunakan berdiameter 0,4 cm dan 0,8 cm. Hasil yang diperoleh menunjukkan *power density* maksimum sebesar 244,11 mW/cm² pada limbah cair tempe dengan volume 800 mL. Hasil dari kedua penelitian menunjukkan nilai *power density* yang cukup tinggi. Apabila kalium permanganat terkena cahaya

atau dipanaskan maka dapat mengalami fotodekomposisi atau terdekomposisi melepaskan oksigen murni dan hanya tertinggal suatu reduksi hitam seperti kalium manganat dan mangan dioksida sehingga dapat mempengaruhi proses redoks pada sistem MFC (Svehla, 1990).

Penggunaan membran pertukaran ion dapat mempengaruhi kinerja sistem MFC. Membran keramik *clayware* menunjukkan kinerja yang sebanding dengan membran polimer sintetik (Bahera, et al., 2010). Oleh karena itu, banyak dilakukan modifikasi membran keramik. (Sudarlin, et al., 2020) telah melakukan penelitian MFC menggunakan kalium permanganat sebagai katolit dan limbah cair tempe sebagai substrat. Penelitian bertujuan untuk mengetahui perbedaan jenis membran modifikasi montmorillonit Ca-bentonit dengan gerabah murni dari tanah liat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan membran modifikasi montmorillonit Ca-bentonit menghasilkan potensi listrik yang lebih baik dengan kenaikan kuat arus sebesar 0,022 mA dan kenaikan *power density* sebesar 1,63 W/m². *Power density* yang dihasilkan pada penelitian ini masih rendah. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi gerabah Na-bentonit dan Ca-bentonit sebagai membran dengan kalium permanganat sebagai katolit yang dilakukan oleh Setiyowati (2021). Substrat yang digunakan berupa limbah cair tempe dan karbon grafit sebagai elektroda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan membran Na-bentonit dapat menghasilkan potensi listrik yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan membran Ca-bentonit dengan tegangan rata-kuat arus rata-rata sebesar 8,011 mA dan *power density* sebesar 3,22 W/m².

Berdasarkan uraian di atas, variasi jenis katolit perlu dilakukan untuk mengetahui jenis katolit yang mampu meningkatkan potensi listrik pada sistem MFC. Penelitian ini menggunakan limbah cair tempe. Keterbaruan penelitian ini adalah penggunaan jenis katolit seperti KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, dan NaOCl pada membran gerabah Na-bentonit.

B. Batasan Masalah

1. Limbah tempe yang digunakan berasal dari industri tempe di daerah Tamanan, Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta tanpa dilakukan uji jenis bakteri.
2. Reaktor yang digunakan dalam sistem MFC ini adalah *doublel-chamber*.
3. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit.
4. Membran yang digunakan adalah membran yang dibuat dari gerabah dengan komposisi 80% tanah liat dan 20 % Na-bentonit tanpa proses aktivasi.
5. Karakterisasi XRD membran campuran Na-bentonit dan tanpa campuran Na-bentonit.
6. Parameter dari sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang diterapkan adalah tegangan (V), kuat arus (I), dan *power density* serta parameter pengolahan limbah berupa *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana potensi listrik *Microbial Fuel Cell* berbasis membran gerabah Na-bentonit serta katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, dan NaOCl berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V) dan *power density*?
2. Bagaimana perbedaan penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah cair tempe pada *Microbial Fuel Cell* berbasis membran gerabah Na-bentonit dan katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, dan NaOCl ?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ditentukan, maka tujuan penelitian ini:

1. Menentukan dan menganalisis potensi listrik *Microbial Fuel Cell* berbasis membran gerabah Na-bentonit serta katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, dan NaOCl berdasarkan parameter tegangan (V), kuat arus (I), dan *power density*.
2. Menentukan dan menganalisis penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah cair tempe pada *Microbial Fuel Cell* berbasis membran gerabah Na-bentonit serta katolit KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, dan NaOCl .

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi pengolahan limbah yang menjadi sumber energi listrik pada MFC.
2. Memberikan informasi mengenai jenis-jenis katolit yang bisa meningkatkan produksi listrik pada MFC.

3. Pembuatan model MFC yang lebih murah dan efisien agar dapat dimanfaatkan secara optimal.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Potensi listrik berdasarkan parameter tegangan, kuat arus dan *power density* pada limbah cair tempe menggunakan katolit KMnO_4 lebih tinggi dibandingkan potensi listrik pada sistem MFC menggunakan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan NaOCl . Rata-rata kuat arus pada sistem MFC menggunakan katolit KMnO_4 sebesar 0,95 mA, rata-rata tegangan sebesar 0,65 V dan rata-rata *power density* sebesar 182,52 mW/m^2 .
2. Penurunan COD dan BOD limbah cair tempe menggunakan jenis katolit $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ lebih tinggi dibandingkan menggunakan katolit KMnO_4 dan NaOCl . Nilai Penurunan COD menggunakan katolit $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebesar 1436,695 mg/L dan nilai penurunan BOD sebesar 1067,755 mg/L.

B. Saran

Perlu dilakukan variasi konsentrasi pada katolit $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan NaOCl untuk mengetahui konsentrasi terbaik yang dapat menghasilkan potensi listrik yang lebih optimal.

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. *e-Proceeding of Engineering*, 4((2)), p. 2124.
- Ali, M. & Widodo, A., 2019. Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*.
- Andika & Sudarlin, 2018. Pemanfaatan Gerabah Dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis Microbial Fuel Cell (MFC). *Jurnal Inovasi dan Pengolahan Laboratorium*.
- Antonopoulou, G., Stamatelatu, K., Bebelis, S. & Lyberatos, G., 2010. Electricity Generation From Synthetic Substrates And Cheese Whey Using A Two Chamber Microbial Fuel Cell. *Biochemical Engineering Journal*, Volume 50, pp. 10-15.
- Arbianti, R. et al., 2013. Performances Optimization of Microbial Fuel Cell (MFC) Using *Lactobacillus bulgaricus*. *Makara Journal of Technology*, 17(1), p. 7.
- Arigeni, R., Kirom, M. R. & Qurthobi, A., 2019. ANALISIS PRODUKSI ENERGI LISTRIK PADA MICROBIAL FUEL CELL. *e-Proceeding of Engineering*, Volume 6, p. 1091.
- Aryal, N., Ammam, F., Patil, S. & Pant, D., 2017. An Overview Of Cathode Materials For Microbial Electrosynthesis Of Chemicals From Carbon Dioxide. *Green Chemistry*, 19((24)), pp. pp. 5748-5760.
- Bahera, M., Jana, P. S., More, T. T. & Ghangrekar, M., 2010. Rice Mill Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cell Fabricated Using Proton Exchange Membrane and Earthen Pot at Different pH. *Bioelectrochemistry*, 79(2), pp. 228-233.
- Citrasari, A. E., 2014. Pengaruh Jenis Larutan Elektrolit Dan Penambahan Jumlah Bakteri Terhadap Produksi Pada Microbial Fuel Cell. *Skripsi*.
- Dewi, A. K., Djajakirana, G. & Santosa, D. A., 2020. Potensi Limbah Tahu untuk Menghasilkan Listrik Pada Tiga Model Sistem Microbial Fuel Cell (MFC). *J.II.Tan.Lingkungan*, pp. 29-34.
- Dewi, P., 2015. Adsorpsi Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} Oleh Bentonit Teraktivitas Basa (NaOH). *Jurnal Kimia*, Volume 9 (2), pp. 235-242.

- Eliato, T. R., Pazuki, G. & Majidian, N., 2016. Potassium Permanganate as an Electron Receiver in a Microbial Fuel Cell. *Energy Sources* , 38((5)), pp. 644-651.
- Fan , Y., Hu, H. & Liu, H., 2007. Sustainable Power Generation in Microbial Fuel Cells Using Bicarbonate Buffer and Proton Transfer Mechanisms. *Environ Sci Technol*, 41(23), pp. 8154-8158.
- Franks, A. & Nevin, K., 2010. Microbial Fuel Cell, A Current Review. *Energies* , pp. 3(5): 899-919.
- Ghadge, A. N., Jadhav, D. A., Pradhan, H. & Ghangrekar, M. M., 2015. Enhancing Waste Activated Sludge digestion And Power Production Using Hypochlorite As Catholyte In Clayware Microbial Fuel Cell. *Biosource Technology*, Volume 182, pp. 225-231.
- Harahap, S., 2015. Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amoniak yang Tinggi dari Limbah Industri Tempe. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Volume 20.
- Heilman, J. & Logan, B. E., 2006. Production of Electricity from Proteins Using a Microbial Fuel Cell.
- Hendri, Yasni, Gusnedi & Ratnawulan, &., 2015. Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelitrikan dari Sel accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang.
- Hermayanti , A. & Nugraha, I., 2014. Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell. *Jorunal Sains Dasar*, 3((2)), p. 166.
- Ibrahim, B., Suptijah, P. & Adjani, Z. N., 2017. Kinerja Microbial fuel Cell Penghasil Biolistrik Dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada Limbah Cair Industri Perikanan. *JPHPI*, 20(No. 2).
- Ibrahim, B. & Uju dan Mukti, A., 2019. Densitas Biofilm pad Elektroda Berpengaruh Positif Terhadap Produksi Biolistrik Microbial Fuel Cell Lim. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22((2)), pp. 72-79.
- Jiang, D. & Baikun, L., 2009. Granular Activated Carbon single-Chamber Microbial Fuel Cell: A design Suitable For Large-Scale Wastewater Treatment Processes. *Biochemical Engineering Journal*, Volume 47, pp. 31-37.
- Jia, Q., Wei, L., Han, H. & Shen, J., 2014. Factors That Influence That Performance Of Teo-Chamber Microbial Fuel Cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, pp. 39(25): 13687-13693.

- Jumma, S. & Patil, N., 2016. Microbial Fuel Cell: Design and Operation. *Journal of Microbiology and Biotechnology*.
- Kim, I. S., Chae, K.-J., Choi, M.-J. & Verstraeta, W., 2008. Microbial Fuel Cells: Recent Advances, Bacterial Communities and Application Beyond Electricity Generation. *Journal of Enviromental Engineering Research*, 13(2), pp. 51-65.
- Kumar, A. & Lingfa, P., 2020. Sodium Bentonite and Kaolin Clays: Comparative Study on Their FT-IR, XRF, and XRD. *Material Today: Proceeding*, pp. 737-742.
- Li, J. et al., 2009. A Self-Activated Cathodic Electron Acceptor for Microbial Fuel Cell. *Journal of Power Sources*, Volume 194, pp. 269-274.
- Li, M. et al., 2018. Simultaneous Cr(IV) Reductions and Bioelectricity Generation in a Dual Chamber Microbial Fuel Cell. *Chemical Engineering Journal*, Volume 334, pp. 1621-1629.
- Liu, H. & Logan, B., 2004. Electriciy Generation Using an Ais Chaode Single-Chamber Microbial Fuel Cell in He Presence and Absence of Proton Exchange Membrane. *Journal Environmental Science Tecnology*, Volume 38, p. 4040.
- Liu, J. et al., 2009. Persulfate: A Self-Activated Cathodic Electron Acceptor For Microbial Fuel Cells. *Journal of Power Sources*, Volume 194, pp. 269-274.
- Maharaj, K. & Paul, P., 2015. Performance of Pilot-scale Microbial Fuel Cells Treating Wastewater with Associated Bioenergy Production in the Carribean Context. *International Journal Energy Enviromental Engineering*, Volume 6, pp. 213-220.
- Merino-Jimenez, I., Gonzalez-Juarez, F., Greenman, J. & Ieropoulos, I., 2019. Effect of The Ceramic Membrane Properties On The Ceramic Membrane Properties On The MICROBIAL Fuel Cell Power Output and Catholyte Generation. *Journal of Power Sources*.
- Mohan, S. V., Velvizhi, G., Modestra, J. A. & Srikanth, S., 2014. Microbial Fuel Cell: Critical Factors Regulating Bio-Catalyzed Electrochemical Process and Recent Advancements. *Renewable and Suitainable Energy Reviews*, Volume 40, pp. 779-797.
- 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 Sysytem with Lactobacillus Bulgaricus Bacteria in a Tofu Whey Substrat. Volume Vol.1: 49-53.

- Nugraeny, M. dan Sari, T. W. E. P., 2018. Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) dengan Reaktor Dual Chamber *Microbial Fuel Cell* (MFC) Sistem Kontinyu. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nimje, V. R. et al., 2012. A Single-Chamber Microbial Fuel Cell Without an Air Cathode. *Int.J.mol.Sci*, pp. 3933-3948.
- Noor, M. T., Vu, M. T., Ali, R. B. & Min, B., 2020. Recent Advances In Cathode Materials And Configurations For Upgrading Methane In Bioelectrochemical Systems Integrated With Anaerobic Digestion. *Chemical Engineering Journal*, Volume 392.
- Oliot, M., Galier, S., de Balmann, H. R. & Bergel, A., 2016. Ion Transport in Microbial Fuel Cells: Key Roles, Theory and Critical Review. *Applied Energy*, Volume 183, pp. 1682-1704.
- Pandit, S., Sengupta, A., Kale , S. & Das, D., 2011. Performance of Electron Acceptors in Catholyte of A Two-chambered Microbial Fuel Cell Using Anion Exchange Membrane. *Bioresource Technology*, Volume 102, pp. 2736-2744.
- Parkash, A., 2016. Microbial Fuel Cell: A Source Of Bioenergy. *J. Microb Biochem Technol*, pp. 8(3): 247-255.
- Rahmaniah, Ardi, S. B. & Fuadi, N., 2020. Aplikasi Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) untuk Menentukan Energi Listrik Substrat Batang Sagu (Metroxylon). *Jurnal Teknsains*, 14((2)), pp. 172-175.
- Rahmawati, D. F., 2013. *Elektrokimia " Transformasi Energi Kimia-Listrik "*. Pertama ed. Yogyakarta: Graha Ilmu .
- Ruskandi, C., Siswanto, A. & Widodo, R., 2020. Karakterisasi Fisik Dan Kimia Bentonit Untuk Membedakan Natural Sodium Bentonit Dengan Sodium Bentonit Hasil Aktivasi. *Jurnal Polimesin*, Volume 18.
- 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)).
- 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)), p. 26.

- Santoro, C., Arbizzani, C., Erable, B. & Ieropoulos, I., 2017. Microbial Fuel Cells: From Fundamentals to Application A Review. *Journal of Power Sources*, Volume 356, pp. 225-244.
- Sari, D. & Rahmawati, A., 2020. Analisa Kandungan Limbah Cair Tempe Air Rebusan dan Air Rendaman Kedelai. *Jurnal Ilmiah Media Husada* , 9((1)), pp. 36-41.
- Sari, D., Suyati, L. & widodo, D. S., 2016. Pengaruh Buffer Kalium Fosfat dan Natrium Fosfat terhadap Produksi Listrik dalam Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) dengan *Lactobacillus bulgaricus* pada Whey Tahu. Volume Vol. 3: 107-110.
- Setyowati, Indri. 2021. Perbedaan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit Dan Ca-Bentonit. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Klajaja Yogyakarta.
- Shaari, N. & Kamarudin, S., 2015. Chitosan and Alginate Types of Bio-Membrane in Fuel Cell Application: An Overview. *Journal of Power Sources*, Volume 289, pp. 71-80.
- Simpen, I. N. & Wijaya, K., 2002. Pemanfaatan Lempung Bentonit Terpillar Oksida Anorganik sebagai Katalis dan Adsorben. *Chem.Rev.*, 5((2)), pp. 91-92.
- Slate, A. J., Whitehead, K. A., Brownson, D. A. & Banks, C. E., 2019. Microbial Fuel Cell: An Overview Of Current Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , pp. 60-81.
- Sudarlin , et al., 2020. Utilization of Montmorillonite-Modified Earthenware from Bentonite-Ca as a Microbial Fuel Cell (MFC) Membrane Based on Tempe Liquid Waste as a Substrate. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* , 23((6)), pp. 222-227.
- Sudaryati, N. L. G., Kasa, I. W. & Suayasa, I. W. B., 2007. Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Ecotrophic*, 3(1), pp. 21-29.
- Svehla, G., 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, Edisi Kelima, diterjemahkan oleh Setiono, L & Pudjaatmaka, A. H.* Jakarta: Media Pusaka.
- Trinh, N., Park, J. H. & Kim, B., 2009. Increased Generation of Electricity in a Microbial Fuel Cell Using *Geobacter Sulfurreducens*. *Korean J. Chem. Eng.*, 26((3)), pp. 784-753.

- Utami, L., L. & Fatisa, Y., 2018. Paradisiaca L.) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cell Dengan Permanganat Sebagai Katolit. *Al-Kimiya* , 5((2)), pp. 62-67.
- Utami, T. S. et al., 2014. *Effect of Electrolytes and Microbial Culture toward Electricity Generation Utilizing Tempe Wastewater in Microbial Fuel Cell*. Palembang, Sriwijaya International Seminar on Energy and Environmental Science and Technology .
- Winfield , J., Gajda, I., Greenman, J. & Ieropoulos , I., 2016. A Review Into The Use of Ceramics in Microbial Fuel Cells. *Bioresource Technology* , Volume xxx, pp. xxx-xxx.
- Yang, E. et al., 2019. Critical Review of BioelectroChemical Systems Integrated with Membrane-Based Technologies For Desalination, Energy Self-Sufficiency, and High-Efficiency Water and Wastewater Treatment. *Desalination*, Volume 452, pp. 40-67.
- Yaqoob, A. A., Ibrahim, M. N. M. & Rodriguez-Couto, S., 2020. Development and Modification of Materials to Build Cost-Effective Anodes for Microbial Fuel Cells (MFCs): An Overview. *Biochemical Engineering Journal* , Volume 164.
- Zalukhu, E. S., Kirom, M. R. & Qurthobi, A., 2019. Produksi Energi Listrik Dengan Sistem Microbial Fuel Cell Menggunakan Substrat Limbah Tempe. *e-Proceeding of Engineering*, April, 6(1), p. 1258.
- Zhan, Y., Q, W., GX, Y. & SH, G., 2008. Investigation on Microbial Fuel Cell with Permanganate as Cathodes. *Chemical Journal of Chinese University*, 76(3), pp. 63-559.