

**PERBEDAAN POTENSI LISTRIK *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC)  
BERBASIS LIMBAH CAIR TEMPE MENGGUNAKAN MEMBRAN  
GERABAH DIPERKAYA Na-BENTONIT DAN Ca-BENTONIT**

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



**INDRI DWI SETIYOWATI**

**17106030043**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI 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-1600/Un.02/DST/PP.00.9/08/2021

Tugas Akhir dengan judul : Perbedaan Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit dan Ca-Bentonit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : INDRI DWI SETIYOWATI  
Nomor Induk Mahasiswa : 17106030043  
Telah diujikan pada : Kamis, 05 Agustus 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: 6125c7598f112



Penguji I

Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 6125b62d6dee0



Penguji II

Endaruji Sedyadi, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 611fd094c58e0



Yogyakarta, 05 Agustus 2021  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 6126294cac53f



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Peretujuan 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 : Indri Dwi Setiyowati  
NIM : 17106030043  
Judul Skripsi : Perbedaan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit dan Ca-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, 15 07 2021  
Pembimbing

  
**Sudarlin., M.Si**  
NIP: 19850611 201503 1 002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## 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 : Indri Dwi Setiyowati

NIM : 17106030043

Judul Skripsi. : Perbedaan Potensial Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit dan Ca-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, 25 Agustus 2021

Konsultan

Irwan Nugraha, Si.Si., M.Sc  
NIP.19820329 201101 1 005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## 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 : Indri Dwi Setiyowati  
NIM : 17106030043  
Judul Skripsi : Perbedaan Potensial Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit dan Ca-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, 23 Agustus 2021  
Konsultan



  
Endarujati Sedvadi, S.Si., M.Sc.  
NIP.198202052015031003

STATISTIS  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Indri Dwi Setiyowati  
NIM : 17106030043  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Perbedaan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit dan Ca-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, 26 Juli 2021



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA  
Indri Dwi Setiyowati  
NIM: 17106030043

## HALAMAN MOTTO

Jangan menjelaskan apapun tentang dirimu kepada siapapun. Karena yang menyukaimu tidak butuh itu dan yang membencimu tidak percaya itu.  
(Ali bin Abi Thalib).

Jangan *insecure*, Allah menciptakan kamu dengan banyak kelebihan.  
(Anonim).



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim.*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbedaan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-Bentonit dan Ca-Bentonit” tak lupa shalawat serta salam penulis panjatkan kepada nabi agung Muhammad SAW yang syafaatnya senantiasa kita nantikan di Yaummul Akhir. Skripsi ini ditulis guna memenuhi salah satu persyaratan mencapai gelar Sarjana Kimia.

Penulis mengucapkanterimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dorongan, motivasi, kritik, saran ide-ide kreatif maupun do’a sehingga tahap demi tahap penulisan skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al-Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Sudarlin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Endaruji Sedyadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
7. Bapak Indra Nafiyanto, S.Si selaku Laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
8. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.
9. Bapak Ariyadi dan Ibu Sunarti selaku orang tua yang tiada henti memberikan do’a, dukungan serta semangat kepada penulis.
10. Eko Wulandari dan Ganang Satria selaku kakak yang selalu memberikan do’a, dukungan serta semangat kepada penulis.
11. Ulia, Selvi, Salman, Amin dan Isna selaku teman setema penelitian yang selalu memberikan motivasi.
12. Teman- teman penulis Program Studi Kimia angkatan 2017 yang telah memberikan bantuan, motivasi dan do’a.
13. Isna, April, Zulfa, dan mbak Kartika, yang telah memberikan motivasi.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari seluruh pihak agar skripsi ini bisa lebih baik lagi. Penulis



berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya perkembangan di bidang kimia.

Yogyakarta, 5 Agustus 2021

Penulis



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, atas rahmat serta izin Allah SWT dengan penuh rasa syukur saya persembahkan skripsi ini untuk :

Program Studi Kimia

Almamater UIN Sunan Kalijaga



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
Abstrak .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka .....	7
B. Landasan Teori .....	14
1. Microbial Fuel Cell (MFC) .....	14
2. Bentonit .....	17
3. Limbah Cair Tempe.....	21
4. Parameter Limbah .....	23
5. Gerabah.....	25
C. Hipotesis Penelitian .....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
B. Alat Penelitian .....	28
C. Bahan Penelitian.....	28
D. Cara Kerja Penelitian.....	29
1. Preparasi membran gerabah .....	29
2. Karakterisasi Membran Gerabah.....	29
3. Uji Cation Exchange Capacity (CEC).....	29
4. Preparasi elektroda .....	30
5. Preparasi larutan $\text{KMnO}_4$ .....	30
6. Preparasi air limbah tempe .....	30
7. Preparasi Reaktor MFC .....	31
8. Running MFC.....	31
9. Pengukuran COD dan BOD .....	32
10. Teknik Analisis Data .....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
A. Karakterisasi Membran Gerabah.....	33
B. Hasil Pengukuran Energi Listrik .....	35

C. Parameter Limbah Cair Tempe .....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN.....	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Kerja MFC <i>Dual Chamber</i> .....	16
Gambar 2.2 Gambar Struktur Montmorillonit .....	18
Gambar 3.1 Gambar Ilustrasi MFC.....	30



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Na-bentonit dan Ca-bentonit .....	20
Tabel 2.2 Perbandingan Komposisi Na-bentonit dan Ca-bentnonit.....	20
Tabel 2.3 Kandungan Limbah Cair Tempe.....	21
Tabel 2.4 Kandungan Limbah Cair Tempe.....	22
Tabel 4.1 Perbandingan Komposisi Membran Na dan Membran Ca .....	32
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran COD dan BOD Limbah Cair Tempe .....	40



## Abstrak

### **Perbedaan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Cair Tempe Menggunakan Membran Gerabah Diperkaya Na-bentonit dan Ca-Bentonit**

Oleh

**Indri Dwi Setiyowati**

**NIM 17106030043**

Pembimbing

**Sudarlin, M.Si.**

Modifikasi membran gerabah dengan penambahan Na-bentonit dan Ca-bentonit *Microbial Fuel Cell* (MFC) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* ( $P_D$ ) serta penurunan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) limbah pada MFC-GBNa dan MFC-GBCa. Sistem MFC yang digunakan adalah MFC *dual chamber* berbasis limbah cair tempe. MFC dijalankan selama 56 jam dan pengukuran parameter dilakukan setiap 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan tegangan rata-rata MFC-GBNa sebesar 1,24 V dengan kuat arus rata-rata sebesar 8,011 mA dan *power density* rata-rata sebesar 3222,16 W/m<sup>2</sup>. Penurunan nilai COD pada MFC-GBNa sebesar 2915,594 mg/L dan penurunan nilai BODnya sebesar 1479,361 mg/L. Keduanya lebih besar dibandingkan penurunan COD dan BOD pada MFC-GBCa. Data-data tersebut menunjukkan Na-bentonit lebih efisien sebagai bahan komposit pada membran MFC.

*Keywords* : *Microbial Fuel Cell*, kuat arus, tegangan, *power density*, BOD, COD, Na-bentonit, Ca-bentonit, limbah cair tempe.

## Abstract

### **Differences in Microbial Fuel Cell (MFC) Electrical Potential Tempe Liquid Waste Based Using Earthenware Membrane Enriched Na-bentonite and Ca-Bentonite**

By :  
**Indri Dwi Setiyowati**  
**17106030043**

Supervisor

**Sударlin, M.Si**

Modification of the earthenware membrane with na-bentonite and Ca-bentonite Microbial Fuel Cell (MFC) has been performed. This study aims to determine the strong current (I), voltage (V), and power density (PD) as well as the decrease in BOD (Biochemical Oxygen Demand) and the decrease in COD (Chemical Oxygen Demand) waste in MFC-GBNa and MFC-GBCa. The MFC system used is MFC dual chamber based on tempeh liquid waste. MFC runs for 56 hours and parameter measurements are performed every 2 hours. The results showed an average MFC-GBNa voltage of 1.24 V with an average current strength of 8,011 mA and an average power density of 3222.16 W/m<sup>2</sup>. The decrease in COD value in MFC-GBNa was 2915,594 mg/L and the decrease in BOD value was 1479,361 mg/L. Both were greater than the decrease in COD and BOD pad MFC-GBCa. The data show na-bentonite is more efficient as a composite material on MFC membranes.

*Keywords : Microbial Fuel Cell, strong current, voltage, power density, BOD, COD, Na-bentonite, Ca-bentonite, tempeh liquid waste.*



# BAB I PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang Masalah

*Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan salah satu jenis energi alternatif ramah lingkungan yang dapat menjadi sumber energi masa kini maupun masa yang akan datang. MFC menggunakan bakteri sebagai sumber listrik melalui reaksi katalitik. MFC bekerja dengan cara mengalirkan elektron dari anoda ke katoda melalui mikroorganisme seperti bakteri. Elektron yang berasal dari metabolisme bakteri akan dialirkan dari anoda ke katoda dan menghasilkan arus listrik (Rabaey *et al.*, 2005). Listrik yang dihasilkan oleh MFC masih belum dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif karena hasilnya masih sangat kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan listrik saat ini, sehingga perlu adanya modifikasi MFC. Gill., *et al* (2003) menjelaskan apabila elektron yang tersedia pada anoda lebih banyak, maka elektron mengalir lebih cepat dan meningkatkan kuat arus. Hal tersebut terjadi apabila transfer proton terjadi pada sistem MFC cepat. Agar transfer proton cepat, maka perlu dilakukan modifikasi membran MFC sehingga dapat menghasilkan MFC dengan kuat arus yang lebih tinggi.

Penelitian tentang modifikasi membran MFC telah banyak dilakukan. Salah satunya menggunakan membran nafion 117 yang mempunyai ketebalan sebesar 183  $\mu\text{m}$  dan bersifat permeabel. Namun, penggunaan membran nafion harus diganti secara periodik karena penggunaan lebih dari 50 hari dapat terkontaminasi sehingga dapat mengakibatkan penurunan kinerja (Chae, 2008). Selain membran nafion 117, membran yang pernah digunakan adalah jembatan

garam (Syahri, 2019), gerabah (Andika dan sudarlin, 2020), keramik dengan montmorillonit (Ghadge dan Gangrekar, 2015), dan lainnya.

Penggunaan gerabah sebagai membran MFC memiliki beberapa keuntungan seperti murah, dapat digunakan berulang serta ramah lingkungan. Andika dan Sudarlin (2020) menyatakan penggunaan gerabah juga menghasilkan efektivitas listrik yang lebih baik dibanding jembatan garam. *Power density* maksimum untuk membran gerabah adalah  $2197,343 \text{ mW/m}^2$ , sedangkan *power density* maksimum MFC jembatan garam sebesar  $195,523 \text{ mW/m}^2$ . MFC berbasis membran gerabah memiliki tegangan rata-rata yang lebih rendah daripada jembatan garam. Hasil MFC yang dilakukan oleh Andika dan Sudarlin (2020) masih belum maksimal karena nilai *power density* yang dihasilkan oleh sistem MFC masih sedikit. Modifikasi membran dilakukan oleh Ghadge dan Ghangrekar (2015) menunjukkan penambahan montmorillonit pada gerabah mampu menaikkan tegangan rata-rata dan penggunaan montmorillonit sebanyak 20% dapat meningkatkan *power density* sebanyak 48%.

Sumber utama montmorillonit adalah bentonit, Indonesia mempunyai 2 jenis bentonit yang terkenal, yaitu Na-bentonit dan Ca-bentonit. Na dan Ca merupakan kation yang dominan dan dapat dipertukarkan pada bentonit. Perbedaan Na-bentonit dan Ca-bentonit terletak pada dominasi kation yang dapat dipertukarkan. Na-bentonit mengandung lebih banyak ion  $\text{Na}^+$  dibanding Ca-bentonit. (Sirait, 2018). Choi dan Oscaeson (1995) meneliti tentang perbedaan transport difusi antara Na-bentonit dan Ca-bentonit. Kation yang dapat ditukar Na-bentonit dan Ca-bentonit adalah  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Ca}^{2+}$ . Penelitian ini menggunakan

metode difusi dengan menggunakan  $\Gamma$  dan  $\text{Sr}^{2+}$ . Nilai  $D$  untuk seluruh difusi Ca-bentonit 2 hingga 6 kali lebih tinggi daripada Na-bentonit. Hal tersebut berbeda dengan penjelasan dari Sukandarrumidi (2016) bahwa kekuatan penukar kation ditentukan oleh jenis kation yang akan ditukarkan. Kekuatan penukar kation  $\text{K}^+ < \text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{H}^+$ , yang artinya ion  $\text{H}^+$  dengan mudah menggantikan ion  $\text{K}^+$ . Bakteri dalam sistem MFC melakukan metabolisme yang menghasilkan ion  $\text{H}^+$ . Ion yang berasal dari metabolisme bakteri tersebut akan lebih mudah menggantikan ion  $\text{Na}^+$  dibanding ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Hal tersebut berakibat pada kekuatan tukar kation yang ada pada bentonit., dimana Ion  $\text{Na}^+$  lebih dominan pada Na-bentonit menyebabkan Na-bentonit memiliki kekuatan tukar kation yang lebih tinggi dibanding Ca-bentonit. Sifat kedua jenis bentonit yang berbeda, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang perbandingan kedua jenis bentonit sebagai membran MFC.

Kekuatan tukar kation atau *Cation Exchange Capacity* (CEC) merupakan kapasitas untuk menukarkan dan menyerap kation (Laz, 2004). Dalam sistem larutan nilai CEC terkait dengan koefisien difusi ( $D_a$ ), yakni kemampuan suatu bahan terlarut melewati suatu luasan tertentu tiap satuan waktu dengan konsentrasi bahan terlarut (Haryanto, 2008). Ghadge dan Gangkekar dalam jurnalnya menyebutkan bahwa nilai  $D_a$  dan CEC memiliki hasil yang berbanding terbalik. Membran gerabah dengan komposisi 20% montmorillonit memiliki nilai  $D_a$  lebih rendah dibanding membran yang ditambahkan kaolinit sebesar 20%. Membran gerabah dengan penambahan 20% montmorillonit justru mempunyai CEC yang lebih besar dibanding dengan penambahan kaolinit sebesar 20%.

Montmorillonit memiliki nilai  $D_a$  sebesar  $5,96 \pm 0,28 \text{ cm}^2/\text{sec} \times 10^6$  dan CEC sebesar 80-150  $\text{m}_{\text{eq}}/100 \text{ g}$ , sedangkan kaolinit memiliki nilai  $D_a$  sebesar  $7,31 \text{ cm}^2/\text{sec} \times 10^6$  dan CEC sebesar 15-20  $\text{m}_{\text{eq}}/100 \text{ g}$ . *Cation exchange capacity* (CEC) yang semakin tinggi akan meningkatkan *power density* yang berakibat pada kenaikan kinerja MFC. Nilai  $D_a$  yang rendah akan berdampak pada rendahnya konduktivitas yang kationik membran gerabah dan berdampak pada penurunan kinerja MFC.

Na-bentonit memiliki nilai  $D_a$  yang lebih rendah (Choi dan Oscaeson, 1995) dan mempunyai CEC yang lebih tinggi dibanding Ca-bentonit (Sukandarrumidi, 2016). Berdasarkan hal tersebut dimungkinkan MFC yang menggunakan Na-bentonit sebagai komposit membran gerabah akan memiliki efektivitas listrik lebih baik dibanding MFC dengan Ca-bentonit sebagai komposit membran gerabah. Penelitian ini membandingkan kinerja MFC yang menggunakan Na-bentonit dan Ca-bentonit sebagai komposit dengan komposisi 20% bentonit dan 80% gerabah dengan substrat limbah cair tempe.

Kelistrikan MFC yang telah dilakukan oleh banyak peneliti masih belum maksimal, selain itu perbedaan sifat kedua jenis bentonit yang digunakan campuran membran gerabah dapat mempengaruhi kelistrikan MFC. Penelitian tentang perbandingan dua jenis bentonit sebagai campuran perlu dilakukan agar mengetahui jenis bentonit yang lebih baik untuk MFC. Penelitian ini menggunakan substrat limbah cair tempe yang didiamkan selama dua hari. Elektroda yang digunakan adalah elektroda grafit. Parameter listrik yang digunakan adalah kuat arus (I), tegangan (V), *power density* ( $P_D$ ), sedangkan

parameter limbah yang digunakan adalah penurunan COD dan BOD air limbah tempe. Penelitian ini diharapkan memperoleh kesimpulan terkait perbedaan Na-bentonit dan Ca-bentonit sebagai komposit membran gerabah *Microbial FuelCell* (MFC) berbasis limbah cair tempe.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Gerabah yang digunakan adalah gerabah yang dibuat dengan komposisi 80% tanah liat dan 20% bentonit tanpa melalui proses aktivasi.
2. Karakterisasi spektroskopi FT-IR bentonit sebagaimana hasil penelitian dari Aandari (2019), karakterisasi XRD Ca-bentonit sebagaimana hasil penelitian dari Pratama (2019) dan karakterisasi XRD Na-bentonit sebagaimana hasil penelitian dari Mahmuda dan Nugraha (2016).
3. Limbah cair tempe yang berasal dari industri tempe di daerah Kanoman, Karangnongko, Klaten tanpa pengujian jenis bakteri.
4. Parameter yang digunakan adalah tegangan (V), kuat arus (I), *power density* ( $P_D$ ), penurunan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) limbah cair tempe.

## **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan pada latar belakang, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) menggunakan membran gerabah yang diperkaya Na-bentonit (MFC-GBNa) dan Ca-Bentonit

(MFC-GBCa) berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* ( $P_D$ )?

2. Bagaimana perbedaan penurunan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) substrat limbah cair tempe pada MFC-Na dan MFC-Ca?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya:

1. Menentukan kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* ( $P_D$ ) pada MFC-GBNa dan MFC-GBCa.
2. Mengkolerasikan penurunan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) limbah cair tempe pada MFC-GBNa dan MFC-GBCa terhadap kelistrikan yang dihasilkan oleh MFC-GBNa dan MFC GB-Ca.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk mengetahui perbedaan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) menggunakan membran gerabah diperkaya Na-bentonit dan Ca-bentonit, dan dapat menggunakan sumber energi alternatif yang efisien, ramah lingkungan serta ekonomis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk metode pengolahan limbah cair tempe.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Tegangan, kuat arus, dan *power density* yang dihasilkan oleh MFC-GBNa lebih tinggi dibanding MFC-GBCa. Tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh MFC-GBNa sebesar yaitu 1,24 V, sedangkan MFC-Ca sebesar 0,99 V. Kuat arus rata-rata MFC-GBNa-bentonit sebesar 8,011 mA, sedangkan kuat arus MFC-GBCa adalah 4,414 mA. *Power density* MFC-GBNa sebesar 3222,16 W/m<sup>2</sup>, sedangkan MFC-GBCa sebesar 1433,95 W/m<sup>2</sup>.
2. Penurunan nilai COD dan BOD limbah cair tempe sebanding dengan listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC. Nilai penurunan COD dan BOD tertinggi pada MFC-GBNa. Nilai penurunan CODnya sebesar 2915,594 mg/L, dan nilai penurunan BODnya sebesar 1479,361 mg/L.

#### **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian perlu dilakukan perbaikan guna menyempurnakan penelitian ini adalah perlu dilakukan variasi komposisi komposit membran gerabah untuk mengetahui titik optimum jumlah komposit agar MFC lebih efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aandari., Sella. 2019. Studi Pemurnian Minyak Kemiri Melalui Proses Bleaching Menggunakan Kalsium-Bentonit dan Natrium-Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Andika dan Sudarlin., 2020. Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC).
- Arbianti R, Tania Surya utami, Ester Kristin, Ira Trisnawati, sekar Putri Hardiayani dan Astry Eka Citrasari., 2014. Penggunaan *Microbial Fuel Cell* untuk Pengelolaan Limbah Cair Tempe dengan Mengukur Penurunan Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD). *Jurnal Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia* ISSN 2356-4938.
- Ayuzo. E Alvarez dan Sanches. A Garcia. 2003. Removal of Heavy Metals from Wastes by Natural and Na-Exchange Bentonites. *Clay and Clay Minerals*., Vol 51, No 6. 475-480
- Bahera Ghangreka, S.L.B 2010. Rice Mill Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cells Fabricated Using Proton Exchange Membrane and Earthen POT at Different pH. *Bioelectrochemistry*, 228-233
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482
- Buchari dan Harsini, Muji. 1996. Karakterisasi Bentonit Pacitan. *JKTI Vol 6 No 1-2 Desember*
- Chae, Kyu Jung, Choi, Mijin Ajayi, Fulusho F. Park, Wooshim. Chang, In Seop dan Kim, In S. 2008. Mass Transport through a Proton Exchange Membrane (Nafion) in Microbial Fuel Cells. *Energy & Fuels* (22): 169-176
- Cheng, S. dan Logan B.E., 2011. *Increasing Power Generation for Scaling Up Single-Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cells*. *Bioresource Technology* 102, 4468-4473
- Choi J.W dan Oscaeson D.W. 1995. Diffusion Transport Through Compacted Na- and Ca-Bentonite. *Journal of Contaimen Hydrology*
- Fort, H.D., 1998. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Yogyakarta: UGM Press
- Ghadge, A.N, Mypaty S., Narcis D., dan Makarand, M. G., 2014. Influence of Ceramic Separator's Characteristics on Microbial Fuel Cell Performance. *J. Electrochem. Sci. Eng*, 4(4), 315-326



- Ghadge. A.N dan Ghangrekar.MM., 2015. Development of Low Cost Ceramic Separator Using Mineral Cation Exchanger to Enhance Performance of Microbial Fuel Cells. <https://doi.org/10.1016/j.electa.2015.03.105>
- Gul Alim, Ayhan A. Sirkeci, Feridum Boylu., Gunser Guldan, Firat Burat. 2014. Improvement Of Mechanical Stength of Iron Ore Pellets Using Raw anda Activated Bentonited Binders. *PhysicochemProbl.miner Process.* 51(1), 2014
- Haryanto, Budi. 2008. Pengaruh Pemilihan Kondisi Batas, Langkah Ruang, Langkah Waktu dan Koefisien Difusi pada Model Difusi. *Jurnal APLIKA*, 4(1):2
- Haslett, N. D. 2012. *Development of a eukariotik microbial fuel cell using Arxukka adeninivoraus.* PhD's Thesis of University of Licoln, New Zealand.
- Herlina, 1999. Pembuatan Karakteristik dan Uji Karakteristik Struktur Bentonit pada Peningkatan Kualitas Minyak Jelantah. *Skripsi.* Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- Hermayanti, A dan Irwan N., 2014., *Potensi Perolehan Energi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell.* *J. Sains Dasar* 2014, 3(2), 162-168
- Jone, Y., Utamakno, L., Cahyono, Y.D.G., 2015. Pemanfaatan Lempung sebagai Bahan Bak Gerabah. Presented at the Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
- Kahr. G, F.T. Masden., 1994. Determination of the Cation Exchange Capacity and the Surface Area of Bentonit, illite and Kaolinite by Methylene blue Adsorption. *Applied Clay Science* 9 (1995) 327-336
- Ken R Rentno., Nugroho Jati Wibowo., Indah Muryani Yulianti L. 2017. Peranan Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. ISSN 25-27-323X
- Laili, Rahmatul., Nurhayati., Muhdarina. 2014. Karakteriasai Cengar Ativasi KOH Kalsinasi pada 300°C. Progtam Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Binwidya Pekanbaru
- Laz, Thamzil. 2004. *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif.* [Http://p2plr.batan.go.id/artikel/zeolit.html](http://p2plr.batan.go.id/artikel/zeolit.html)

- Liu, H. 2008. *Microbial Fuel Cell: Novel Anaerobic Biotechnology for Energy Generation from Wastewater*. Anaerobic Biotechnology for Production: Principles and Applications. S. K. Khanal. Iowa Blackwell Publishing: 221-243
- Logan., B.E., B Hamelers, R Rozendal, U. Schoreder, J. Keller, S.Freguia, P. Aelternman, W.Vertrate, K. Rabae. 2006. *Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology*, Environ. Sci.Techno
- Logan, b.E., 2008. *Microbial Fuel Cells*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience.
- Lovely DR. 2006. *Bug Kuice: Harvesting Electricity with Microorganism* .*NAT*. Rev 4,497-508
- Mahmuda, Siti., Nugraha, Irwan. 2016. Pengaruh Penggunaan Bentonit Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol pada Minyak Serih Wangi Kabupaten Gayo Lues-Aceh. *Chemica et Natura Acta vol. 4 No 3*
- Maryam, siti., 2012. Pemanfaatan Katalis  $Al^{3+}$ -Bentonit untuk Reaksi Esterifikasi Asam Palmitat menjadi Metil Palmitat.*Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
- Mays, L.W. 1996. *Water resources handbook*. McGraw-Hill. New York
- Murray, H.H. 2007. *Applied Clay Mineralogy Occurrences Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Polygorskite-sepiolite, and Common Clays*. Amsterdam, The Netherlands The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1 GB, UK: Elsevier Radarweg.
- Novitasari, Nindah.2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi  $KMnO_4$  Sebagai Katolit terhadap *Power Density* dan Penurunan COD, BOD Substrat Limbah Tempe pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Membran Gerabah.*Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Nurhayati, ai Y., Hermawan, 2011. Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia*, 4(2), 42-50
- Pallavi., C dan Udayashanka, T., 2016. A review on Microbial Fuel Cells Employing Wastewater as Substrates for Sustainable Energy Recovery and Wastewater Treatment. *IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology (IOSR—JESTST)*, 31-16

- Pratama, Ziqi Kusuma Agithia. 2019. Kajian Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam dan Bentonit Teraktivasi Basa Sebagai *Bleaching Earth* terhadap Katalis Minyak Sereh Wangi (*Citronella Oil*) dan Minyak Daun Cengkih (*Clove Leave Oil*). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Putri., Oktari Hermita, Utari., Sri Rahayu, Kurniawan., Syahrul., 2019. Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Foreest. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 6 No. 1: 1075-1081
- Priatmoko, S dan Najianan K.,2006. Adsorpsi Logam Cr (III) oleh Lempung Bentonit yang Telah diberi Perlakuan HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. UNNES: Semarang.
- Rabaey, Korneel and Willy Vertraete. 2005. Microbakterial Fuel Cells: Novel Biotechnology for Energy Generation. ELSEVIER. *Trend in Biotechnology* vol.23 No. 6 June 2005
- Rinaldi., W., Yudha N., Syahiddin, Wulan., Cut, P.A., 2014. Pengelolaan Limbah Cair Organik dengan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Rekayasa kimia dan Lingkungan*, 10(2), 92-98. ISSN 1412-5064.
- Said, N dan Heru, D.W. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Salahuddin, Farid dan Hidayat, M Rusdi. 2014. Perancangan *Microbial Fuel Cell* (MFC) untuk Produksi Bioelektrik dari Limbah Cair Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Borneo Akcaya*.ISSN : 2356-13X vo 01, No 2/2014
- Sasongko, L.A. 2005. Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaliagrang serta Upaya Penanganannya (Studi Kasus Kelurahan Sampangan dan Benda Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang). Semarang Universitas Diponegoro. Program Pasca Sarjana.
- Sirait, Makmur. 2018. *Monograf Polivynil Alkohol dan Campuran Bentonit*. Medan: Lembaga Penelitian Unimed.
- Soedarmo.1981. *Petunjuk Bahan Galian Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan*: Jakarta. Depdikbud.

- Sudarlin ., Wahyu, Afrianto Andika, Koerunnisa, Melly., Ramadhani Dhea Wiegya., Nugroho, Anggit. 2020. Utilization of Montmorillonite-Modified Earthenware from Bentonite-Ca as a Microbial Fuel Cell (MFC) Membrane Based on Tempe Liquid Waste as Substrate. *Jurnal Kimia Sain dan Aplikasi*
- Sukandarrumidi. 2016. *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: UGM Press
- Sukmaladwei. 2017. Sintesis Zeolit dari Campuran Lempung dan Blotong. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makasar. *Skripsi*
- Syahri., M, Titik Mahargiani, Gali Indrabrata., One Olivia Orlanda., 2019. Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell dari Limbah Cair Tempe sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Jurnal Fakultas Teknik Industri UPN Veteran Yogyakarta* ISSN 1693-4393
- Syuhada, Rahmat W, Jayatin, Saeful R., 2009. Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi* 2:1
- Tamakloe, R.Y., Opoku-Donkor, T., Donkor, M., and Agamasu, H., 2015. Comparative Study OF Double Chamber Microbial Fuel Cell (Dc Mfc) Using *Mfensi* lay as Ion Exchange Partion Effect of pot Size, 3(2), 3. *International Journal of Technical Research and Application*
- Tan, K.H., 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Terjemahan Didiek hdjar Goenardi. Edisi 11: Yogyakarta. UGM Press
- Umaly, R.C dan Ma L.A. Cuvin. 1988. Limnology: Laboratory and field guide, Physico-chemical factors Biological factors. National Book Store, Inc Publisher. Metro Manila.
- Wiryani, E., 2007. *Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe Kedelai*. Bioma ISSN 1410-880
- Yulianto, Agus., 2008. Pembuatan Lempung Terpilar  $Al_{13}$  dari Lempung Alam Turen Malang untuk Adsorpsi Ion  $Pb^{2+}$ . *Skripsi*. Departemen Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga