

**PENAMBAHAN BENTONIT PADA MEMBRAN GERABAH TANAH
LIAT UNTUK MENINGKATKAN POTENSI LISTRIK *MICROBIAL FUEL*
CELL (MFC) BERBASIS LIMBAH IKAN DAN LIMBAH TEMPE**

SKRIPSI

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



**Anggit Nugroho
15630023**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2022**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



**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-769/Un.02/DST/PP.00.9/04/2022

Tugas Akhir dengan judul : Penambahan Bentonit Pada Membran Gerabah Tanah Liat Untuk Meningkatkan Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Limbah Ikan dan Limbah Tempe

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANGGIT NUGROHO
Nomor Induk Mahasiswa : 15630023
Telah diujikan pada : Senin, 20 Desember 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 622ea97ea398e

Ketua Sidang

Sudarlin, M.Si.
SIGNED



Valid ID: 6229f9157fce1

Penguji I

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



Valid ID: 62503da0f0692

Penguji II

Endaruji Sedyadi, M.Sc.
SIGNED



Valid ID: 6257bbe9b7168

Yogyakarta, 20 Desember 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Anggit Nugroho
NIM : 15630023
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Penambahan Bentonit Pada Membran Ceramah Tanah Liat Untuk Meningkatkan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Ikan dan Limbah Tempe”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana 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 November 2021



Anggit Nugroho
NIM 15630023

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



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 : Anggit Nugroho

NIM : 15630023

Judul Skripsi : Penambahan Bentonit Pada Membran Gerabah Tanah Liat Untuk Meningkatkan Potensi Listrik Microbial Fuel Cell (MFC) Berbasis Limbah Ikan dan Limbah Tempe

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, 23 November 2021

Pembimbing


Sudarlin, M. Si.

NIP: 19850611 000000 1 301



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 : Anggit Nugroho

NIM : 15630023

Judul Skripsi : Penambahan Bentonit pada Membran Gerabah Tanah Liat Untuk Meningkatkan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Ikan dan Limbah Tempe

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, 15 Juli 2022
Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA


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



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 : Anggit Nugroho
NIM : 15630023
Judul Skripsi : Penambahan Bentonit pada Membran Gerabah Tanah Liat Untuk Meningkatkan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Ikan dan Limbah Tempe

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 Juni 2022
Konsultan

Endaruji Sedyadi, S.Si., M.Sc
NIP. 19820205 201503 1 003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“Seseorang tidak disebut berilmu bila hanya sibuk menghafal (teks) tanpa memperhatikan filosofi-filosofi dan rahasia-rahasia di dalamnya”

(Al-Ghazali)*

**Imam Al-Ghazali, dalam Ihya' Ulumiddin*

“Jika ingin jadi orang hebat, kalahkan rasa ngantuk maka kamu bias menjadi orang yang hebat”

(Gus Muwafiq)*

**K.H. Ahmad Muwafiq*

“”

(Anggit Nugroho)*

“Tidak ada yang namanya kebetulan semuanya sudah diatur oleh Allah SWT yang diperoleh melalui usaha dan doa.”

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini didedikasikan
untuk almamater Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *robbil 'alamin*, puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT., karena atas limpahan rahmat, taufiq, dan cinta-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian hingga akhir penulisan hasil penelitian yang berjudul **“Penambahan Bentonit Pada Membran Gerabah Tanah Liat Untuk Meningkatkan Potensi Listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) Berbasis Limbah Ikan dan Limbah Tempe”** ini dengan penuh perjuangan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad Rasulullah SAW., yang telah berjuang membawa dan menyebarkan *Aufklarung* yang sesungguhnya bagi umat manusia dan seluruh makhluk-Nya di semesta raya, hingga dapat merubah keadaan dunia *minadz-dzulumati ilaan-nuur*.

Penulis sebagai manusia yang tiada mempunyai kekuatan apapun tanpa pertolongan-Nya, menyadari bahwa dalam penulisan karya ini tidak akan dapat terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sebagai bentuk pertolongan yang dianugerahkan oleh Allah SWT. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada yang terhormat:

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 Dosen Pembimbing Akademik dan sekaligus selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang dengan sabar selalu memberikan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis hingga akhir masa studi.
4. Bapak Sudarlin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang selalu sabar dalam membimbing, memberikan waktu, tenaga, dan pemahaman materi kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
5. Ibu Isn, Bapak Indra, dan Bapak Wijayanto selaku PLP Laboratorium Kimia yang telah mendampingi penulis selama melakukan penelitian.
6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
7. Segenap keluarga Kimia Angkatan '15 (KALIUM), terutama teman-teman satu Dosen Pembimbing, dan terkhusus dua teman setema penelitian penulis (Dhea dan Putra) yang selalu memberikan motivasi dan bantuan bagi penulis.
8. Teman-teman grup Fenil Larasati, Kurniawan Eka Yudha S.Si., Mohammad Ali Maqshudi Zain S.Si., Lukman Ma'arif S. Si., Hidayatullah Putra Hutasoit S. Si., Fikri, Taufiqurrohim S. Si., Mazlan S. Si. yang membantu menemani penulis saat melakukan penelitian dari awal hingga selesai.
9. Sahabat/i Korp Oksigen dan seluruh sahabat/i PMII Rayon Aufklarung FST yang telah menemani penulis ngopi “ngolah pikir” dan ngaji “ngatur jiwo” untuk memperluas wawasan keilmuan dan pengalaman, sekaligus menemani penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

10. Ibu penulis yang selalu memberikan semangat dalam mengerjakan skripsi ini dari saat awal masuk kuliah hingga sampai semester akhir ini.
11. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, sehingga dengan penuh kerendahan hati penulis mengharapkan masukan, kritik, dan saran dari semua pembaca. Akhir kata, penulis memohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Yogyakarta, Agustus 2022

Anggit Nugroho
15630023



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iv
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTASI	v
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori.....	9
C. Hipotesis Penelitian	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
B. Alat-alat Penelitian.....	21
C. Bahan Penelitian.....	21
D. Cara Kerja Penelitian	22
E. Teknik Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Karakterisasi Gerabah.....	26
B. Hasil Sistem MFC dan Uji T (T-test)	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan	39
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Ghagde dkk menggunakan membran tanah liat	7
Tabel 2.2 Kandungan limbah cair tempe	16
Tabel 2.3 Kandungan limbah perikanan	17
Tabel 4.1 Hasil uji SAA pada gerabah murni dan gerabah bentonit	30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja sistem MFC <i>dual chamber</i>	11
Gambar 2.2 Contoh gerabah berbentuk pot	14
Gambar 4.1 Hasil spektra FTIR gerabah murni dan gerabah bentonit	26
Gambar 4.2 Hasil difaktogram XRD gerabah murni dan gerabah bentonit	28



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hasil tegangan listrik sistem MFC limbah ikan.....	30
Grafik 4.2 Hasil arus listrik sistem MFC limbah ikan	31
Grafik 4.3 Hasil daya listrik sistem MFC limbah ikan	32
Grafik 4.4 Hasil tegangan listrik sistem MFC limbah tempe	32
Grafik 4.5 Hasil arus listrik sistem MFC limbah tempe	33
Grafik 4.6 Hasil daya listrik sistem MFC limbah tempe	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Pembuatan Larutan Elektrolit.....	45
Lampiran 2	Hasil Menjalankan Sistem MFC	45
Lampiran 3	Hasil Uji T terhadap Sistem MFC.....	47
Lampiran 4	Dokumentasi penelitian	50



ABSTRAK
PENAMBAHAN BENTONIT PADA MEMBRAN GERABAH TANAH
LIAT UNTUK MENINGKATKAN POTENSI LISTRIK *MICROBIAL FUEL*
***CELL* (MFC) BERBASIS LIMBAH IKAN DAN LIMBAH TEMPE**

Oleh:
Anggit Nugroho
15630023

Pembimbing : Sudarlin, M. Si.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan struktur kristal, luas permukaan, dan ukuran pori berdasarkan data FTIR, XRD, dan SAA gerabah tanah liat murni dan gerabah yang ditambah bentonit serta menentukan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) gerabah tanah liat murni dengan gerabah yang ditambahkan bentonit berdasarkan tegangan, arus, dan daya listrik. Membran gerabah yang dibuat berukuran 10 cm × 10 cm × 1 cm dan dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SAA untuk mengetahui struktur kristal, luas permukaan, dan volume pori. Limbah sebagai substrat pengisi ruang anoda sistem MFC merupakan limbah organik sisa hasil perikanan dan sisa olahan tempe.

Hasil menjalankan sistem MFC limbah ikan dan limbah tempe yang dilakukan selama 48 jam menunjukkan bahwa penambahan bentonit pada membran gerabah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan listrik (V) tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat arus (I) dan daya listrik (P) yang dihasilkan sistem MFC. Nilai signifikansi uji T sebesar 3,86 untuk tegangan listrik pada limbah ikan dan signifikansi sebesar 3,06 untuk tegangan listrik limbah tempe. Untuk limbah ikan selisih parameter V, I, dan P pada MFC gerabah murni dan MFC gerabah bentonit berturut-turut sebesar -0,04 V; -0,011 mA; -0,014 mW sementara limbah tempe selisih parameter V, I, dan P pada MFC gerabah murni dan MFC gerabah bentonit berturut-turut sebesar -0,04 V; +0,022 mA; +0,022 mW. Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun tegangan listrik menurun baik pada MFC limbah ikan maupun MFC limbah tempe tetapi penambahan bentonit pada gerabah dapat meningkatkan daya listrik. Penambahan bentonit pada membran gerabah MFC lebih baik daripada gerabah murni karena dapat menaikkan daya listrik yang dihasilkan pada MFC berbasis limbah tempe.

Kata kunci: *Microbial Fuel Cell, gerabah, tegangan, kuat arus, daya listrik, bentonit, FTIR, XRD, SAA.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Microbial Fuel Cell (MFC) adalah salah satu bentuk energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat menjadi sumber energi di masa depan. Modifikasi sistem MFC dilakukan untuk meningkatkan kinerja MFC. Konstruksi reaktor dan keberadaan PEM (*Proton Exchange Membrane*) menjadi topik utama dalam teknologi ini. Akan tetapi harga PEM yang relatif mahal, dengan adanya air di dalam bejana anoda, keberadaan PEM menjadi tidak berguna karena air akan menghantarkan proton ke katoda. Penghilangan PEM dalam sistem MFC juga mempunyai kelemahan, tanpa adanya membran, oksigen akan berdifusi ke bejana anoda. Oksigen yang berdifusi ke bejana anoda akan mempengaruhi nilai listrik yang dihasilkan. Hal tersebut akibat peningkatan transfer oksigen ke anoda pada MFC tanpa PEM. Oksigen pada bejana anoda akan mengakibatkan potensial pada substrat hilang karena reaksi oksidasi aerobik oleh bakteri pada bejana anoda (Apriyani, 2013).

PEM pada MFC dapat diganti keramik (gerabah) yang berbahan dasar tanah liat. Keramik dapat mengganti peran PEM karena merupakan material berpori sehingga dapat menjadi jalan penukar ion dalam sistem MFC. Penelitian MFC menggunakan keramik telah dilakukan oleh Tamakloe dkk. (2015) menggunakan keramik jenis gerabah dari *Mfensi Clay*. Desain reaktor yang digunakan yaitu desain MFC *single chamber*. Gerabah digunakan sebagai membran sekaligus sebagai ruang anoda. Penelitian tersebut menghasilkan energi

listrik maksimal (power density) sebesar 369 mW. m⁻² dengan volume reaktor 1.7 L dan 55 mW. m⁻² dengan volume reaktor 1 L. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Tamakloe dkk. Elektroda yang digunakan adalah elektroda logam seng-rodium yang termasuk ke dalam elektroda mahal, maka dilakukan penelitian menggunakan elektroda karbon dengan membran yang sama.

Winfield dkk. (2013), menggunakan gerabah murni sebagai media pertukaran ion dengan limbah yang digunakan adalah limbah buatan dengan *power density* yang dihasilkan sebesar 3660 mW/m². Kelemahan gerabah murni dalam penelitian ini adalah waktu penggunaannya yang relatif singkat, yaitu hanya enam minggu. Berbeda jika gerabah yang digunakan adalah gerabah bentonit (montmorillonit). Penelitian Ghadge dkk. (2015) menggunakan montmorillonit sebagai membran dalam MFC dua ruang mencapai waktu pengoperasian hingga 8 minggu dan dihasilkan power density sebesar 7550 mW/m². Kedua penelitian ini menunjukkan perbedaan antara gerabah murni dengan gerabah dengan tambahan bentonit sebagai membran dalam sistem MFC. Membran gerabah yang merupakan material berpori kemungkinan besar dapat mengalami perubahan ukuran pori sesuai perlakuan yang diberikan dan berakibat pada perubahan luas permukaan pori maupun juga volume pori.

Selain variasi membran gerabah yang digunakan pada sistem MFC, substrat pengisi ruang anoda juga dapat dilakukan variasi. Sistem MFC umumnya menggunakan substrat limbah cair rumah tangga yang mengandung senyawa organik sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. Limbah cair yang pernah digunakan dalam sistem ini adalah limbah cair pabrik coklat, limbah cair rumah tangga

kedelai, limbah cair pabrik bir. Meskipun demikian tidak semua limbah cair organik dapat langsung digunakan sebagai substrat MFC perlu diperhatikan juga pengurainnya oleh bakteri untuk menghasilkan elektron (Wang dkk., 2009).

Selain limbah yang telah disebutkan penelitian MFC menggunakan limbah tempe yang dilakukan oleh Edric dkk. (2019) menggunakan membran penukar kation berupa jembatan garam. Penelitian ini menghasilkan tegangan maksimum sebesar 1,308 V dan arus maksimum sebesar 3,01 mA dengan *power density* sebesar 2696 mW/m². Hasil tersebut terbilang cukup besar akan tetapi dihasilkan dalam waktu yang lama, kurang lebih 7 hari, oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan sistem MFC yang mana *power density* yang dihasilkan bisa bertahan lebih lama dan dalam kondisi yang stabil.

Andika dan Sudarlin (2020), telah melakukan penelitian MFC menggunakan substrat limbah tempe dan dengan gerabah sebagai penutup ruang anoda sekaligus membran sistem MFC. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan arus listrik rata-rata antara sistem MFC jembatan garam dengan sistem MFC membran gerabah adalah sebesar 0,069 mA dan 3,86 mA. Hasil yang diperoleh masing-masing untuk *power density* sistem MFC jembatan garam sebesar 195 mW/m² dan untuk sistem MFC gerabah sebesar 2197 mW/m². Hasil tersebut menunjukkan membran gerabah yang digunakan sebagai penukar ion pada sistem MFC memiliki hasil yang lebih baik daripada jembatan garam yang digunakan tetapi tegangan listrik yang dihasilkan sistem MFC jembatan garam lebih stabil daripada sistem MFC gerabah.

Ibrahim dkk., (2017) telah melakukan penelitian dengan menggunakan limbah industri perikanan dalam sistem MFC dengan variasi elektroda, dimana elektroda yang dipakai yaitu elektroda karbon, elektroda alumunium, elektroda besi, dan elektroda kombinasi alumunium-karbon yang berukuran masing-masing $7 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$. Hasil pengamatan menunjukkan tegangan listrik yang paling tinggi pada sistem MFC dengan elektroda kombinasi karbon grafit dan alumunium (0,34V), kemudian diikuti alumunium (0,23 V), karbon grafit (0,19 V).

Berdasarkan permasalahan tersebut maka pada penelitian digunakan limbah tempe dan limbah perikanan sebagai substrat dalam sistem MFC seperti yang telah dilakukan Rita dkk. (2014) dan Ibrahim dkk. (2017) yang akan berfokus pada hasil tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC. Selain itu juga dilakukan variasi membran gerabah murni dan gerabah dengan tambahan bentonit seperti yang dilakukan Winfield dkk (2013) dan Ghadge dkk (2015).

B. Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak melebar pada pembahasan yang terlalu luas, maka penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Membran yang digunakan adalah membran gerabah murni dan membran gerabah dengan tambahan bentonit. Signifikansi pengaruh variasi membran terhadap hasil sistem MFC diuji dengan *T-test* (uji t) dan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).
2. Limbah yang digunakan berasal dari limbah budidaya perikanan (kolam ikan lele) yang sudah tidak dipakai dan limbah cair sisa industri tempe dengan signifikansi pengaruh variasi limbah terhadap hasil sistem MFC yang diuji dengan *T-test* (uji t) dan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dicarikan penyelesaiannya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan struktur kristal, luas permukaan, dan ukuran pori gerabah tanah liat murni dengan gerabah yang ditambahkan bentonit berdasarkan data FTIR, XRD, dan SAA?
2. Bagaimana perbedaan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) gerabah tanah liat murni dengan gerabah yang ditambahkan bentonit berdasarkan tegangan, arus, dan daya listrik?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:.

1. Menentukan struktur kristal, luas permukaan, dan ukuran pori berdasarkan data FTIR, XRD, dan SAA gerabah tanah liat murni dan gerabah yang ditambah bentonit.
2. Menentukan potensi listrik *Microbial Fuel Cell* (MFC) gerabah tanah liat murni dengan gerabah yang ditambahkan bentonit berdasarkan tegangan, arus, dan daya listrik.

E. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian digunakan air limbah industri tempe dan limbah kolam ikan sebagai substrat dalam sistem MFC yang diharapkan dapat menjadi salah satu sarana dalam pengembangan energi alternatif yang berbasis bakteri yang memanfaatkan limbah industri rumah tangga yang biasanya kurang dimanfaatkan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan bentonit pada gerabah tanah liat murni menyebabkan munculnya serapan baru pada daerah $2\theta = 20,3^\circ$ yang menunjukkan nilai $d=4,26 \text{ \AA}$, dengan peningkatan kandungan mineral kuarsa yang berdasarkan data XRD, serta volume pori berubah sebesar $0,8 \text{ cm}^3/\text{g}$ berdasarkan data SAA.
2. Penambahan bentonit pada gerabah menyebabkan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan listrik (V) tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat arus (I) dan daya listrik (P) yang dihasilkan sistem MFC. Meskipun tegangan listrik menurun baik pada MFC limbah ikan maupun MFC limbah tempe tetapi penambahan bentonit pada gerabah dapat meningkatkan daya listrik yang dihasilkan pada MFC limbah tempe.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan oleh peneliti setelah melakukan penelitian ini antara lain:

1. Perlu dikembangkan lagi tentang penelitian Microbial Fuel Cell (MFC) karena MFC dapat berperan penting sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.
2. Selain itu juga dilakukan perbaikan dan penyempurnaan dalam rangkaian sistem MFC agar diperoleh hasil yang maksimal. Perbaikan yang dimaksud antara lain berupa penggunaan membran, limbah organik, serta ukuran reaktor MFC.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika dan Sudarlin. 2020. *Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis Microbial Fuel Cell (MFC)*. Jurnal Inovasi dan Pengelolaan Laboratorium, PPLPI.
- Barua, Pranab K. 2010. *Electricity Generation from Biowaste Based Microbial Fuel Cell. International Journal of Energy, Information and Communication vol. 1.*
- Biffinger, Justin C. *Electrochemically active Soluble Mediators from Shewanella oneidensis: Relevance to Microbial Fuel Cells and Extracellular Electron Transfer. The Electrochemical Society.*
- Djabu, Udin. 1991. *Pedoman Bidang Studi PEMbuangan tinja dan Air Limbah pada Sanitasi Lingkungan*. Jakarta : Depkes RI Pusat Pendidikan Tenaga Kesehatan.
- Dogra. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Ghadge, A. N., Mypati, 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.
- Harahap, Muhammad R. 2016. *Sel Elektrokimia : Karakteristik dan Aplikasi*. Jurnal Sains Dasar 2016. No. 1, Vol. 2.
- Herlambang, A. 2005. *Penghilangan Bau Secara Biologi Dengan Biofilter Sintetik*. JAI. Vol.1, No, 1. Kelompok Teknologi Pengolaan Air Bersih Dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Hermawan, et al.,, 2014. *Pengolahan Air Limbah Industri Tahu menggunakan Sistem Double Chamber Microbial Fuel Cell*. *J. Teknik Lingkungan* 2014. No. 1, Vol. 2.
- Hermayanti, A. dan Irwan, N., 2014. *Potensi Perolehan Energi Listrik Dari Limbah Cair Tahu Dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell*. *J. Sains Dasar* 2014, 3(2), 162-168.
- Husin, A. 2003. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biji Kelor (Moringa oleifera) Sebagai Koagulan*. Laporan penelitian Dosen Muda Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.

- Hou, Y.; Zhang R.; Luo H.; Liu G.; Kim, Y.; Yu, S.; Zeng, J.; *Microbial Electrolysis Cell with Spiralwound Electrode for Wastewater Treatment and Methane Production*, *Process Biochemistry*, Elsevier, 2015.
- Ibrahim, B., Supitjah P., dan Agung, B.. 2017, *Pengaruh Jarak Elektroda Microbial Fuel Cell pada Limbah Cair Pemindangan Ikan terhadap Elektrisitas dan Beban Pencemaran*. JPHPI Vol. 20 No. 3. Institut Pertanian Bogor.
- Ibrahim B, Salamah E, Alwinsyah R. 2014. *Pembangkit biolistrik dari limbah cair industri perikanan menggunakan Microbial Fuel cell dengan jumlah elektroda yang berbeda*. *Jurnal Dinamika Maritim*. 4 (1): 1-9.
- Jonathan Winfield, John Greenman, David Huson, Ioannis Ieropoulos, *Comparing terracotta and earthenware for multiple functionalities in microbial fuel cells*, *Bioprocess and Biosystems Engineering* , 36, 12, (2013).
- Jones, Y., Lakon, U., dan Yudho Dwi, G. C., 2015, *Pemanfaatan Lempung Sebagai Bahan Baku Gerabah*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015, Institut Teknologi Adi Tama, Surabaya.
- Kaswinarni, F. 2007. *“Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu”*. Thesis. Semarang: Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- 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
- Lanthier, Martin Gregory, Kelvin B. dan Lovley, Derek R. 2007. *Growth with High Planktonic Biomass in Shewanella oneidensis Fuel Cells*. *Journal compilation Federation of European Microbiological Societies* (278): 29-35.
- Li, Fengxiang. Yogesh, Sharma. Lei, Yu. Li, Baikun. Zhou, Qixing. 2011. *Microbial Fuel Cells: The Effects of Configuration, Electrolyte Solutions, and Electrode Materials on power Generation*. *Appl Biochem Biotechnol* (160) : 168-181
- Liu, H. 2008. *Microbial Fuel Cell : Novel Anaerobic Biotechnology for Energy Generation from Wastewater*. *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production : Principles and Applications*. S. K. Khanal. Iowa ,Blackwell Publishing : 221 - 243.

- Lovley DR. 2006. *Bug Juice: Harvesting Electricity With Microorganisms*. Nat. Rev. 4,497-508.
- Min, Booki. Roman, Oscar Benito. Angelidaki, Irini. 2008. *Importance of Temperature and Anodic Medium Composition on Microbial Fuel Cell (MFC) Performance*. *Biotechnol Lett* (30) : 1213-1218.
- Masuda, Masaki. *Flavins Contained in Yeast Extract are Exploited for Anodic Electron Transfer by Lactococcus Lactis*. Division of Applied Life Sciences Kyoto University.
- 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.
- Nohong. 2010. *Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmium dan Besi Dalam Air Lindi TPA*. Jurnal Pembelajaran Sains. Vol. 6, No. 2: 257-269. Kendari: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Haluoleo Kendari.
- Nurul, Latifah. 2001. *Limbah Organik Anorganik dan B3* (http://nurullatifah.wordpress.com/2011/07/07/limbah_organik_anorganik_dan_B3/). Diakses jam 22.32 tanggal 20 Maret 2018.
- Pallavi, C., dan Udayashankara, T., 2016. *A Review on Microbial fuel Cells Employing Wastewaters as Substrates for Sustainable Energy Recovery and Wastewater Treatment*. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)* , 31-16.
- Pohan, N. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofilter Aerobik*. Tesis , Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Rahajeng, et al.,, *Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Terhadap Granular Activated Carbon Dual Chamber Microbial Fuel Cells (GAC-DMFCs)*. Jurnal Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rinaldi, W. ,Yudha, N., Syahiddin, Wulan, W., Cut, P. A., 2014. *Pengolahan Limbah Cair Organik dengan Microbial Fuel Cell*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, 10(2), 92-98. ISSN 1412-5064.
- Samudro, G., 2016. *Konservasi Energi Berbasis Renewable Energy Technology*. Jurnal PRESIPITASI 13 (2) September 2016, 57-65. ISSN 1907-187X .

- Scott, Keith dan Murano, Cassandro. 2007. *Microbial Fuel Cells Utilising Carbohydrates*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* (82): 92-100.
- Sodikin, Nanang, Sri Rahayu dan Prayitno. 2013. *Representasi Makroskopik Submikroskopik dan Prinsip Kerja Sel Elektrokimia*. *Jurnal Universitas Negeri Malang* Vol. 2 No. 1.
- Sudarlin, 2012. *Prinsip dan Teknik Penggunaan Gas Sorption Analyzer (GSA)*. Jurusan Kimia UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- 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) (2020) : 222- 227.
- Sugihato. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sukandarrumidi. 2016. *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: UGM Press
- Tamakloe, R. Y., Opoku-Donkor, T., dan Agamasu, H., 2015. *Comparative Study Of Double Chamber Microbial Fuel Cells (DC-MFCs) Using Mfensi Clay An Ion-Exchange-Partition: Effect Of Pot*. *International Journal of Technical Research and Application*, 126-128.
- Tan, K.H., 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Terjemahan Didiek hdjar Goenardi. Edisi 11: Yogyakarta. UGM Press.
- Trinh NT, Park J H, dan Kim B. 2009. *Increased generation of Electricity in a Microbial Fuel Cell Using Geobacter sulfurreducens*. *Korean J. Chem. Eng.*, 26(3): 748-753.
- Wang, X, Feng, Y J, Lee, and H. (2009). *Electricity production from beer brewery wastewater using single chamber microbial fuel cell resource in US* *Journal (Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research)*, Vol.57, 1117-1121
- Wienfield, J., Iwona, J., John, G., dan Ioannis, I., 2016. *A Review Into The Use Of Ceramics In Microbial Fel Cell*. *Biosourcer Technolog y* xxx 2016 xxxxxx.
- Zahara, Nova C. 2011. *Pemanfaatan Saccharomyces cerevisiae dalam Sistem Microbial Fuel Cell untuk Produksi Energi Listrik*. Fakultas Teknik UI.