

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR PERIKANAN DAN  
GERABAH SEBAGAI SUMBER ENERGI  
ALTERNATIF BERBASIS *MICROBIAL FUEL CELL*  
(MFC)**

**Skripsi**

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



**Disusun Oleh :**

**Dhea Wiegya Rahmadhani**

**15630012**

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

**2019**

## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikumwarahmatullahiwabarakatuh*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Dhea Wiegya Rahmadhani

NIM : 15630012

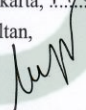
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan Dan Gerabah Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)

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

Demikian kami sampaikan atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikumwarahmatullahiwabarakatuh*

Yogyakarta, 11 September 2019  
Konsultan,

  
Dr. Maya Rahmawanti, S.Si, M.Si  
190106272006042003

## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikumwarahmatullahiwabarakatuh*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

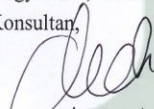
Nama : Dhea Wiegya Rahmadhani  
NIM : 15630012  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan Dan Gerabah Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)

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

Demikian kami sampaikan atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikumwarahmatullahiwabarakatuh*

Yogyakarta, 12 September 2019  
Konsultan,



Didik Kasdiyanto, S.Si., M.Sc  
1981, 111 201101 100 7



## **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 : Dhea Wiegya Rahmadhani

NIM : 15630012

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan dan Gerabah Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)

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 berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 16 Agustus 2019

Pembimbing

  
Sudartin, M.Si.

NIP: 19850611 201503 1 002

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Dhea Wiegya Rahmadhani  
NIM : 15630012  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan dan Gerabah Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)”** 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.



Jakarta, 14 Agustus 2019

Dhea Wiegya Rahmadhani

NIM 15630012



**PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Nomor : B-3896/Un.02/DST/PP.00.9/09/2019

Tugas Akhir dengan judul : Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan dan Gerabah sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis Microbial Fuel Cell (MFC)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DHEA WIEGYA RAHMADHANI  
Nomor Induk Mahasiswa : 15630012  
Telah diujikan pada : Jumat, 23 Agustus 2019  
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.

NIP. 19850611 201503 1 002

Penguji I

Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.  
NIP. 19810627 200604 2 003

Penguji II

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

Yogyakarta, 23 Agustus 2019  
UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



Wahono, M.Si.  
NIP. 1981220003 1 001

## HALAMAN MOTTO

*-do a kindness righnow-*

“Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak.”

*-Aldus Huxley-*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk yang tercinta:

Ayahanda dan Ibunda yang selalu dihati.

Adikku Asfarina Wiegya Qaulan Sadida.

Dan seluruh keluarga besar.

Terima kasih atas segala do'a, dukungan, semangat, kasih sayang, motivasi, dan nasihat yang selalu diberikan selama ini dalam setiap keputusan saya dalam mencapai cita-cita. Semoga Allah selalu memberikan keberkahan dalam hidup kita semua.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat ke pada hamba-Nya dan selalu dalam lindungan-Nya. Tak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menyiarkan syariat-syariat agama Islam demi keselamatan umat manusia. Sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan Dan Gerabah Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)". Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan untuk mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan dan proses penyelesaian skripsi ini. Ucapan tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, S.Si, M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Sudarlin, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan, masukan dan

banyak membantu dari tahap penelitian hingga penulisan tugas akhir ini selesai.

4. Ibu Dr. Imelda Fajriati, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing akademik.
5. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini berjalan dengan lancar.
7. Bapak Wijayanto, Ibu Isni, Bapak Indra selaku PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bantuan, saran, dan kerja samanya selama penulis melakukan penelitian.
8. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, dorongan, dan do'anya dalam setiap proses yang ada.
9. Seluruh keluarga besar yang selalu berusaha semaksimal mungkin, membantu, mendorong dan tidak pernah lupa untuk selalu mendoakan saya sehingga bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
10. Keluarga Besar Kimia khususnya Angkatan 2015 (Kalium 15) yang telah memberikan doa dan dukungannya.

11. Sahabat seperjuangan Rahmawati Hasanah yang selalu mendengarkan keluh kesah selama perkuliahan semester satu hingga kini.
12. Sahabat-sahabatku Yoga Saputra dan Hidayatullah Putra Hutasoit terimakasih atas doa, semangat, dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir.
13. Aletia Nurul yang sudah memberikan doa, semangat, motivasi, mendengarkan keluh kesah dan membantu menyelesaikan tugas akhir.
14. Teman satu bimbingan Putra, Anggit, Fikri, Andika yang selalu berbagi semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir.
15. Mas Andika yang sudah memberikan saran, masukan, dan telah membantu dari awal pembuatan proposal penelitian hingga skripsi ini terselesaikan.
16. Titis, Lia, Rahma, Nailul yang telah menemani penulis menyelesaikan penelitian.
17. Kepada semua pihak yang telah membantu penulis mulai dari penelitian hingga skripsi ini selesai dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan guna dapat dimanfaatkan dalam

pembuatan skripsi selanjutnya. Semoga skripsi yang telah disusun ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 3 Juli 2019

Penulis

Dhea Wiegya Rahmadhani

15630012



## DAFTAR ISI

|   |              |
|---|--------------|
| <b>HALAMAN JUDUL.....</b>                     | <b>i</b>     |
| <b>NOTA DINAS KONSULTAN.....</b>              | <b>ii</b>    |
| <b>SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>        | <b>iii</b>   |
| <b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b> | <b>iv</b>    |
| <b>SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>        | <b>v</b>     |
| <b>HALAMAN MOTTO.....</b>                     | <b>vii</b>   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>               | <b>viii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                   | <b>ix</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                       | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                    | <b>xvi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                      | <b>xvii</b>  |
| <b>ABSTRAK.....</b>                           | <b>xviii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                | <b>1</b>     |
| A.Latar Belakang.....                         | 1            |
| B.Batasan Masalah.....                        | 7            |
| C.Rumusan Masalah.....                        | 7            |
| D.Tujuan Penelitian .....                     | 8            |
| E.Manfaat Penelitian.....                     | 9            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN</b>   |              |
| <b>TEORI.....</b>                             | <b>10</b>    |
| A. Tinjauan Pustaka.....                      | 10           |
| B. Landasan Teori.....                        | 14           |
| 1. <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC).....      | 14           |

|  |           |
|--|-----------|
| 2. Komponen <i>Microbial Fuel Cell</i> .....   | 17        |
| 3. Limbah Industri Perikanan .....   | 19        |
| 4. Gerabah .....   | 21        |
| C. Hipotesis Penelitian.....   | 23        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>  | <b>24</b> |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....   | 24        |
| B. Alat-alat Penelitian.....   | 24        |
| C. Bahan Penelitian.....   | 24        |
| D. Cara Kerja Penelitian .....   | 24        |
| 1. Preparasi Jembatan Garam .....  | 24        |
| 2. Preparasi Elektroda .....   | 25        |
| 3. Preparasi Substrat.....   | 25        |
| 4. Preparasi Reaktor MFC <i>Double Chamber</i> membran gerabah .....                         | 26        |
| 5. Preparasi Reaktor MFC <i>Double Chamber</i> membran NA ( <i>Nutrient Agar</i> ) .....     | 27        |
| 6. Running MFC.....  | 27        |
| 7. Pengukuran OD ( <i>Optical Density</i> ) .....  | 29        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   | <b>30</b> |
| A. Pertumbuhan Mikroba .....   | 30        |
| B. Hasil Pengukuran Kuat Arus Reaktor <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC).....                  | 31        |
| C. Hasil Pengukuran Tegangan Reaktor <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC).....                   | 34        |
| D. Hasil Pengukuran <i>Power Density</i> pada Reaktor <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) ..... | 36        |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>  | <b>39</b> |
| A. Kesimpulan .....         | 39        |
| B. Saran.....               | 40        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>41</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>       | <b>46</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Prinsip Kerja MFC.....  | 17 |
| Gambar 3.1 Ilustrasi MFC <i>double chamber</i><br>menggunakan jembatan garam ..... | 26 |
| Gambar 4.1 Hasil pengukuran absorbansi selama<br>waktu 24 jam.....                 | 30 |
| Gambar 4.2 Hasil pengukuran kuat arus listrik<br>selama kurun waktu 24 Jam .....   | 32 |
| Gambar 4.3 Hasil pengukuran tegangan listrik selama<br>kurun waktu 24 jam .....    | 35 |
| Gambar 4.4 Hasil <i>power density</i> selama kurun waktu<br>24 jam.....            | 37 |





## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan Kondisi Sistem <i>Fuel Cell</i><br>Biasa dengan MFC ..... | 15 |
| Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri<br>Perikanan .....                  | 20 |



## ABSTRAK

### **Pemanfaatan Limbah Cair Perikanan dan Gerabah Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC).**

Oleh:

**Dhea Wiegya Rahmadhani**

15630012

**Pembimbing:  
Sudarlin, M.Si.**

---

Penelitian pemanfaatan gerabah dan limbah cair perikanan pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kinerja gerabah lempung coklat, membandingkan efektivitasnya dengan *Nutrient Agar* (NA) sebagai membran MFC dan menentukan pengaruh  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}[\text{CN}]_6$  sebagai elektrolit MFC berbasis substrat limbah cair perikanan buatan berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W). Penelitian ini memanfaatkan gerabah sebagai pengganti membran PEM konvensional, ruang anoda berisi substrat dan ruang katoda berisi larutan elektrolit, elektroda karbon grafit yang dipasangkan pada ruang anoda dan katoda sebagai penangkap elektron, substrat limbah cair perikanan buatan dan pengukuran setiap parameter dilakukan tiap 3 jam yang akan dibandingkan dengan MFC menggunakan membran NA.

Pengukuran *Optical Density* pada panjang gelombang 470 nm menunjukkan penggunaan gerabah sebagai membran penukar kation MFC dengan absorbansi yang lebih tinggi daripada MFC NA tidak menghambat pertumbuhan mikroba. Penggunaan gerabah sebagai membran penukar kation pada MFC juga tidak mengurangi kemampuan mikroba untuk mendegradasi senyawa organik pada limbah cair perikanan. Nilai *power density* MFC NA lebih tinggi daripada MFC gerabah baik menggunakan  $\text{KMnO}_4$  maupun  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ .

Untuk elektrolit  $\text{KMnO}_4$  perbandingan nilainya adalah  $0,58 \text{ W/m}^2$  dan  $0,21 \text{ W/m}^2$ , sementara untuk elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  sebesar  $0,38 \text{ W/m}^2$  dan  $0,17 \text{ W/m}^2$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa gerabah lempung coklat dapat digunakan sebagai membran MFC berbasis limbah cair perikanan buatan, tetapi hasilnya tidak lebih baik dibandingkan MFC NA. Meski terjadi perbedaan, hasil uji Anova dua jalan menunjukkan perbedaan tersebut tidak signifikan. Sementara itu, perbedaan jenis elektrolit menunjukkan bahwa elektrolit  $\text{KMnO}_4$  hasilnya lebih baik daripada elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  baik pada MFC NA maupun MFC gerabah. Perbedaan tersebut signifikan berdasarkan hasil uji Anova dua jalan.

---

**Kata Kunci** – *Microbial Fuel Cell*, Gerabah, *Nutrient Agar*, Limbah Cair Perikanan Buatan, *Power Density*, *Optical Density*, Kuat Arus, Tegangan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Saat ini, penelitian tentang sumber energi alternatif banyak dilakukan terutama energi alternatif yang berasal dari bahan alam dan mudah untuk diperbaharui. Diantara berbagai pilihan sumber energi alternatif, *Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. *Microbial Fuel Cell* dikenal sebagai teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik melalui proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme melalui reaksi katalitik atau melalui mekanisme sistem bioelektrokimia dari mikroorganisme (Logan, 2008).

MFC mempunyai berbagai kelebihan dibandingkan dengan teknologi yang menghasilkan energi dari sumber biomassa lainnya. Beberapa diantaranya adalah efisiensi MFC yang tinggi, kondisi operasi yang lunak, tidak dibutuhkan energi input, dan dapat diaplikasikan pada berbagai tempat yang memiliki infrastruktur listrik yang kurang (Rabacy dan Vestrate, 2005).

Tantangan dalam pengembangan MFC adalah untuk meningkatkan kinerja MFC dan mendapatkan desain MFC yang mampu menghasilkan out-put power besar dengan harga konstruksi yang murah (Rinaldi et al, 2014). Berbagai studi mengenai MFC telah banyak dilakukan untuk

meningkatkan kinerja MFC. Studi dilakukan terhadap elektroda, desain reaktor, jenis bakteri dan jenis substrat yang digunakan (Ibrahim *et al*, 2014).

Substrat yang dapat digunakan dalam sistem MFC adalah senyawa organik. Limbah merupakan bahan sisa organik, baik limbah cair, limbah padat, ataupun substrat buatan. Pemanfaatan limbah cair sebagai substrat memberikan keuntungan lebih, yakni sebagai alternatif pengolahan limbah cair. Beberapa limbah cair yang sudah dimanfaatkan dalam MFC adalah limbah cair tahu, limbah cair tempe, limbah sayuran, dan limbah buah (Apriyani, 2013).

Limbah cair perikanan merupakan limbah cair yang bersumber dari sisa proses pengolahan ikan suatu industri. Limbah cair perikanan termasuk salah satu limbah yang banyak menimbulkan masalah terhadap lingkungan sekitarnya. Penanganan limbah cair yang kurang baik pada lingkungan industri perikanan akan menyebabkan peningkatan kandungan organik yang terbawa oleh aliran limbah. Operasi unit pengolahan limbah cair membutuhkan biaya yang cukup tinggi terutama biaya untuk energi sehingga banyak industri yang mengabaikan untuk mengolah limbahnya. Limbah cair perikanan mengandung bahan organik dalam konsentrasi tinggi karena kandungan lemak, protein, dan nutrient lainnya. Kandungan bahan organik yang

tinggi dalam limbah cair perikanan menyebabkan limbah ini dapat mencemari lingkungan apabila tidak diolah secara benar, lebih baik dijadikan substrat pada sistem MFC (Ibrahim *et al*, 2013).

Pencemaran lingkungan oleh limbah cair sebenarnya dapat dihindari dengan memanfaatkan limbah cair tersebut. Salah-satunya pemanfaatan limbah cair industri perikanan sebagai penghasil listrik masa depan karena limbah cair perikanan ini dapat digunakan sebagai substrat dalam sistem MFC. Penelitian Ibrahim *et al*, (2013) tentang pengolahan limbah industri hasil perikanan secara biologis dengan lumpur aktif menunjukkan bahwa limbah cair perikanan dapat menghasilkan listrik melalui teknologi MFC. Sistem MFC dapat menurunkan rata-rata total N dalam limbah cair perikanan sebesar 16,8%, BOD sebesar 32,05%, COD sebesar 37,4%, dan nilai TAN sebesar 71,74% dari hari pertama sampai hari ke 6 pengukuran (Ibrahim *et al*, 2013).

Pemanfaatan limbah cair perikanan sebagai substrat dalam sistem MFC dan konstruksi reaktor serta keberadaan *Proton Exchange Membran* (PEM) menjadi bagian yang penting dalam sistem MFC. *Proton Exchange Membran* adalah membran yang memisahkan antara kompartemen anoda dan kompartemen katoda pada sistem MFC. Selain harga PEM yang relatif mahal, dengan adanya air di dalam bejana anoda, keberadaan PEM menjadi tidak berguna karena

air akan menghantarkan proton ke katoda (Novitasari, 2011). Berbagai upaya dilakukan untuk mengganti PEM konvensional dengan material yang lebih baik untuk meningkatkan kinerja MFC.

Penelitian ini memanfaatkan gerabah sebagai pengganti membran PEM konvensional. Penggunaan gerabah sebagai pengganti PEM konvensional bertujuan untuk mengetahui kinerja gerabah dalam sistem MFC. Kinerja MFC dengan pemanfaatan gerabah akan dibandingkan dengan MFC menggunakan membran *Nutrient Agar* yang disebut MFC NA untuk mengetahui kemampuan gerabah dalam memproduksi listrik.

Gerabah merupakan jenis keramik tradisional yang terbuat dari tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk sehingga berbentuk padat setelah mengalami proses pengerasan melalui pembakaran pada suhu tinggi (Jones *et al*, 2015). Keramik secara umum memiliki stabilitas, meningkatkan daya, dan menyediakan lingkungan yang menguntungkan bagi metabolisme mikroorganisme elektroaktif. Keramik dalam teknologi MFC digunakan sebagai bahan struktural, media untuk pertukaran ion, dan elektroda untuk MFC. Beberapa jenis keramik yang telah digunakan dalam sistem MFC ini antara lain, *mullite*, gerabah, *pyrophyllite*, dan alumina (Winfield, 2016).

Salah satu penelitian MFC yang menggunakan keramik sebagai membran telah dilakukan oleh Tamakloe, *et al* pada tahun 2015. Penelitian yang dilakukan menggunakan keramik jenis gerabah dari *Mfensi Clay* dengan substrat dari air limbah. Desain reaktor yang digunakan yaitu desain MFC *single chamber*. Gerabah digunakan sebagai membran sekaligus ruang anoda. Elektroda yang digunakan yaitu batang seng (*zinc rod*) sebagai anoda dan aluminium sebagai katoda. Penelitian tersebut menghasilkan energi listrik maksimal (*power density*) sebesar  $369 \text{ mW/m}^2$  dengan volume reaktor 1,7 L dan  $55 \text{ mW/m}^2$  dengan volume reaktor 1 L.

Penelitian menggunakan keramik sebagai membran juga dilakukan oleh Jana, *et al* pada tahun 2010. Penelitian yang dilakukan menggunakan keramik dari tanah berbentuk silinder tanpa menggunakan membran polimer. Hasil penelitian menunjukkan keramik yang digunakan lebih efektif untuk transfer proton dan memiliki kinerja yang baik dalam pemindahan bahan organik sebagai pembangkit listrik daripada MFC yang menggunakan PEM, dan dapat meminimalisir biaya untuk menggantikan PEM yang mahal. Penelitian MFC menggunakan silinder dari tanah tanpa menggunakan membran polimer tersebut menghasilkan energi listrik maksimal sebesar  $14,59 \text{ Wm}^3$  lebih besar



daripada MFC menggunakan PEM yang menghasilkan energi listrik maksimal (*power density*) sebesar  $10,04 \text{ Wm}^3$ .

Dalam penelitian ini, larutan elektrolit yang akan digunakan adalah  $\text{KMnO}_4$  dengan konsentrasi 0,1 M merujuk pada penelitian Hermayanti (2014). Hasil penelitian pada pengoperasian pertama, *power density* untuk konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  0,10 M sebesar  $9,500 \text{ mW/cm}^2$  lebih besar daripada konsentrasi 0,05 M yaitu  $4,556 \text{ mW/cm}^2$ . Pada pengoperasian kedua, *power density* konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  0,20 M yaitu  $6,937 \text{ mW/cm}^2$  lebih besar daripada konsentrasi 0,15 M yaitu  $5,578 \text{ mW/cm}^2$  selain itu digunakan juga larutan elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  sebagai pembanding.

Berdasarkan uraian di atas, parameter yang digunakan untuk mengetahui efisiensi kinerja MFC adalah pengukuran kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W). Penelitian ini diharapkan selain dapat memberikan informasi mengenai potensi energi listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah cair perikanan, juga dapat menjadi metode alternatif penghasil listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah.

## B. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Sistem MFC yang digunakan pada penelitian ini adalah MFC *double chamber* menggunakan membran gerabah dari lempung cokelat dan membran *nutrient agar*.
2. Gerabah dibuat dalam bentuk lempengan ukuran 5x5x1 cm<sup>3</sup>.
3. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit dengan luas permukaan ukuran 10x1x1 cm<sup>3</sup>.
4. Elektrolit yang digunakan adalah KMnO<sub>4</sub> dan K<sub>3</sub>Fe[CN]<sub>6</sub>. Konsentrasi elektrolit yang digunakan adalah 0,1 M.
5. Limbah yang digunakan adalah limbah cair perikanan buatan dari salah satu industri perikanan di daerah Klaten.
6. Parameter yang digunakan adalah kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W).

## C. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dalam latar belakang, maka masalah-masalah tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja gerabah lempung cokelat sebagai membran MFC berbasis substrat limbah cair perikanan

buatan berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W)?

2. Bagaimana perbandingan efektivitas antara gerabah lempung coklat dan NA (*nutrient agar*) sebagai membran MFC berbasis substrat limbah cair perikanan buatan berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W)?
3. Bagaimana pengaruh  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}[\text{CN}]_6$  sebagai elektrolit MFC berbasis limbah cair perikanan buatan berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W)?

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

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan kinerja gerabah lempung coklat sebagai membran MFC berbasis substrat limbah cair perikanan buatan berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W).
2. Membandingkan efektivitas antara gerabah lempung coklat dan NA (*nutrient agar*) sebagai membran MFC berbasis substrat limbah cair perikanan buatan berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W).
3. Menentukan pengaruh  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}[\text{CN}]_6$  sebagai elektrolit MFC berbasis limbah cair perikanan buatan

menggunakan membran gerabah dari lempung cokelat dan NA (*nutrient agar*).

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

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengolahan limbah cair Perikanan dan potensi penggunaan keramik jenis gerabah dalam sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) *double chamber* sebagai sumber energi listrik. Informasi mengenai pengolahan limbah cair perikanan dan potensi penggunaan keramik jenis gerabah dalam sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) tersebut diharapkan dapat menambah metode baru dalam mengatasi permasalahan energi dan lingkungan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Gerabah lempung coklat dapat digunakan sebagai membran penukar kation pada MFC berbasis limbah cair perikanan buatan dan dapat menghasilkan kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W).
2. Perbandingan efektivitas antara gerabah lempung coklat dan NA (*Nutrient Agar*) sebagai membran MFC berbasis substrat limbah cair perikanan buatan menunjukkan bahwa MFC NA menghasilkan nilai kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W) yang lebih tinggi daripada MFC gerabah. Namun, berdasarkan uji anova dua jalan dengan replikasi pengaruh perbedaan membran tidak signifikan terhadap hasil nilai kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W) pada MFC.
3. Larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  memiliki tingkat efektivitas yang lebih tinggi daripada larutan elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  berdasarkan data hasil pengukuran nilai kuat arus (I), tegangan (V) dan *power density* (W) pada reaktor MFC NA maupun MFC gerabah. Berdasarkan uji anova dua jalan menggunakan replikasi variasi larutan elektrolit

memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil nilai kuat arus ( $I$ ), tegangan ( $V$ ) dan *power density* ( $W$ ).

## **B. Saran**

Setelah penelitian dilakukan, ada beberapa hal yang dapat dijadikan saran bagi peneliti selanjutnya adalah penambahan waktu proses running dan modifikasi membran gerabah pada reaktor MFC dengan mineral lain perlu dilakukan untuk melihat ketahanan membran gerabah dalam menghasilkan listrik maupun dalam mendegradasi limbah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, D. 2013. *Biolistrik Dari Limbah Cair Perikanan Dengan Metode Microbial Fuel Cell Satu Bejana*. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Perairan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Chae, Kyu Jung. Choi, Mijin. Ajayi, Folusho F. Park, Wooshin 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, Logan B.E. 2011. Increasing Power Generation For Scaling Up Single Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cells. *Bioresource Technology* 102 4468-4473.
- Cheng, Seop I, Moon H, Bretschger O, Kyung JJ, II HP, Nealsen KH, HongBK. 2006. Electrochemically Active Bacteria (EAB) And Mediatorless Microbial Fuel Cells. *Journal Of Microbiology and Biotechnology* 16 (2) : 163-177.
- Du Z, Li H, Gu T. 2007. A State Art Review On Microbial Fuel Cells: A Technology For Wastewater Treatment And Bioenergy. *Biotechnology Advances*. 25: 464-482.
- Gatot Bidiyanto. Drs., 2003. *Mengenal Tanah Liat*. Pusat Pengembangan Dan Penataran Guru Kesenian Yogyakarta.

- Ghadge, A.N., Mypati, S., Narcis, D., Dann Makarand, M.G., 2014. Influence Of Ceramic Separator's Characteristics On Microbial Fuel Cell Performance. *J. Electrochem. Sci, Eng.*, 4(4), 315-326.
- Hermayanti, A. dan Irwan, N., 2014. Potensi Perolehan Energy Listrik Dari Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell. *J. Sains Dasar* 20143(2), 164-168.
- Ibrahim, *Et Al.* 2014. *Kinerja Rangkaian Seri Sistem Microbial Fuel Cell Sebagai Penghasil Biolistrik Dari Limbah Cair Perikanan.* Teknologi Hasil Perairan, Institut Pertanian Bogor.
- Ibrahim B. 2005. Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Industri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Lumpur Aktif. *Bulletin Teknologi Hasil Perikanan* Vol. VIII Nomor.1.
- Ibrahim B, Trilaksani W, Apriyani D. 2013. Potensi Biolistrik Dari Limbah Cair Industri Perikanan Dengan Microbial Fuel Cell Satu Bejana. *Jurnal Dinamika Maritim.* 3(2): 45-55.
- Jana, P.S., Behera, M., Ghangrekar, M.M. 2010. Performance Comparison Of Up Flow Microbial Fuel Cells Fabricated Using Proton Exchange Membrane And Earthen Cylinder. *Int, J. Hydrogen Energy* 35 (11), 5681-5686.



- Jone, Y., Lakon, U., dan YudhoDwi, G. C., 2015, Pemanfaatan Lempung Sebagai Bahan Baku Gerabah. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III 2015*, Institut Teknologi Aditama, Surabaya.
- Liu,H. 2008. *Microbial Fuel Cell : Novel Anaerobic Biotechnology For Energy Generation From Wastewater, Anaerobic Biotechnology For Bioenergy Production : Principles And Applications*. S. K. khalal. Iowa, Blackwell publishing: 221-243.
- Logan, B. E.; Berthamelers, Z.; Uweschröder, J. Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology. *Environmental Science & Technology*. 2006, 40 (17), 5181-5192.
- Logan, B.E. 2008. *Microbial Fuel Cell*. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd.
- Lovley, D.R. 2006. *Bug Juice: Harvesting Electricity With Microorganisms*. Nature Reviews Microbiology Vol 4.
- Markham, Sitorus. 2010. *Kimia Organik Umum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muchlis, M. Dan Permata, A. D. 2003. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 s.d.2020. Makalah Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi dan Bisnis UNSYIAH*.
- Novitasari, Deni. 2011. *Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) untuk Produksi Energi Listrik*

*menggunakan Bakteri Lactobacillus bulgaricus.*  
Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

- Purwoko, T., 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara
- Rabacy, K. Dan Vestrate W. 2005. Microbial Fuel Cells: Novel Biotechnology For Energy Generation. *Trends Biotechnol*: 6: 291-298.
- Rinaldi, W.; Yudha, N.; Syahiddin, W.; Cut, P. A. Pengolahan Limbah Cair Organik dengan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 2014, 10(2), 92-98.
- Tamakloe, R.Y., Opoku-Donkor, T., Dan Agamasu, H., 2015. Comparative Study Of Double Chamber Microbial Fuel Cells (DC-MFC's) Using Mfensi Clay As Ion-Exchange-Partition: Effect Of Pot. *International Journal Of Technical Research And Application*, 126-128.
- Underwood, A.L. 1983. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta, Erlangga.
- Winarno, T., 2016. *Perbandingan Karakteristik Lempung Kasongan Dan Godean Sebagai Bahan Baku Industri Gerabah Kasongan*. *Teknik 2016*. 37(1), 41-46.
- Winfield. J., Iwona, J., John, G., Dan Ioannis, I., 2016. *A Review Into The Use Of Ceramics In Microbial Fuel Cell*. *Bioresource Technology* 2016.

- Woo Hee-Gwon dan Hong Li, 2011. *Advanced Functional Material*. Hangzhou: Zhejiang University Press
- Yogaswari, Vanadia. 2010. *Karakteristik Kimia Dan Fisik Ikan Gurami*.  
[Http://Repository.Ipb.Ac.Id/Handle/1234.56789/14182](http://Repository.Ipb.Ac.Id/Handle/1234.56789/14182).  
Diakses Pada 2 Maret 2018 Pukul13:22.
- Zahara, N.C. 2011. *Pemanfaatan Saccharomyces Cerevisiae Dalam Sistem Microbial Fuel Cell Untuk Produksi Energy Listrik*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Zhu N, Chen X, Zhang T, Wu P, Li P, Wu J. 2011. *Improved Performance Of Membrane Free Single Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cell With Nitric Acid And Ethylenediamine Surface Activated Carbon Fiber Felt Anodes*. Bioresource Technology 102 422-426.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran Tegangan (V) yang menggunakan larutan elektrolit kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC Gerabah |
|-------------|----------------|---------------------|
| 0           | 0,64           | 0,7                 |
| 3           | 0,66           | 0,67                |
| 6           | 0,63           | 0,6                 |
| 9           | 0,58           | 0,67                |
| 12          | 0,6            | 0,61                |
| 15          | 0,61           | 0,64                |
| 18          | 0,62           | 0,65                |
| 21          | 0,61           | 0,6                 |

24

0,56

0,52

**Lampiran 2. Data Hasil Pengukuran Tegangan (V) yang menggunakan larutan elektrolit kalium ferrisianida ( $K_3Fe(CN)_6$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC<br>gerabah |
|-------------|----------------|------------------------|
| 0           | 0,53           | 0,52                   |
| 3           | 0,64           | 0,54                   |
| 6           | 0,65           | 0,64                   |
| 9           | 0,5            | 0,51                   |

|    |      |      |
|----|------|------|
| 12 | 0,45 | 0,48 |
| 15 | 0,47 | 0,44 |
| 18 | 0,51 | 0,46 |
| 21 | 0,52 | 0,44 |
| 24 | 0,45 | 0,49 |

**Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Kuat Arus (A) yang menggunakan larutan elektrolit kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC gerabah |
|-------------|----------------|---------------------|
| 0           | 0,0023         | 0,00148             |
| 3           | 0,00279        | 0,00185             |
| 6           | 0,00285        | 0,00199             |

|    |         |         |
|----|---------|---------|
| 9  | 0,00292 | 0,00202 |
| 12 | 0,00294 | 0,00172 |
| 15 | 0,00312 | 0,00193 |
| 18 | 0,00316 | 0,00195 |
| 21 | 0,0031  | 0,00197 |
| 24 | 0,00307 | 0,00194 |

**Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Kuat Arus (A) yang menggunakan larutan elektrolit kalium ferrisianida ( $K_3Fe(CN)_6$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC<br>gerabah |
|-------------|----------------|------------------------|
|             |                |                        |

---

|    |         |         |
|----|---------|---------|
| 0  | 0.00076 | 0,00096 |
| 3  | 0,00101 | 0,00121 |
| 6  | 0,0011  | 0,00133 |
| 9  | 0,00085 | 0,00127 |
| 12 | 0,0008  | 0,00124 |
| 15 | 0,00083 | 0,00126 |
| 18 | 0,0012  | 0,00139 |
| 21 | 0,0013  | 0,00149 |
| 24 | 0,00141 | 0,00141 |



**Lampiran 5. Data Hasil Pengukuran Absorbansi yang menggunakan larutan elektrolit kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC gerabah |
|-------------|----------------|---------------------|
| 0           | 0,51           | 0,66                |
| 3           | 0,45           | 0,81                |
| 6           | 0,77           | 0,73                |
| 9           | 0,94           | 0,65                |
| 12          | 1,04           | 1,01                |
| 15          | 0,81           | 1,34                |
| 18          | 0,74           | 1,64                |
| 21          | 1,86           | 1,84                |
| 24          | 1,38           | 2,36                |

**Lampiran 6. Data Hasil Pengukuran Absorbansi yang menggunakan larutan elektrolit kalium ferrisianida ( $K_3Fe(CN)_6$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC gerabah |
|-------------|----------------|---------------------|
| 0           | 0,82           | 0,73                |
| 3           | 0,64           | 0,85                |
| 6           | 0,66           | 1,02                |
| 9           | 0,4            | 0,39                |
| 12          | 0,65           | 0,44                |
| 15          | 0,77           | 0,78                |
| 18          | 0,47           | 0,46                |
| 21          | 0,41           | 0,76                |
| 24          | 0,48           | 0,52                |

**Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran *Power Density* (P) yang menggunakan larutan elektrolit kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC gerabah |
|-------------|----------------|---------------------|
| 0           | 0,1590         | 0,1283              |
| 3           | 0,2081         | 0,2059              |
| 6           | 0,2711         | 0,2277              |
| 9           | 0,2063         | 0,1354              |
| 12          | 0,1896         | 0,1146              |
| 15          | 0,1766         | 0,1242              |
| 18          | 0,2036         | 0,1949              |
| 21          | 0,2088         | 0,2153              |
| 24          | 0,2200         | 0,2021              |

**Lampiran 8. Data Hasil Pengukuran *Power Density* (P) yang menggunakan larutan elektrolit kalium ferrisianida ( $K_3Fe(CN)_6$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 24 Jam**

| Waktu (jam) | Reaktor MFC NA | Reaktor MFC gerabah |
|-------------|----------------|---------------------|
| 0           | 0,82           | 0,73                |
| 3           | 0,64           | 0,85                |
| 6           | 0,66           | 1,02                |
| 9           | 0,4            | 0,39                |
| 12          | 0,65           | 0,44                |
| 15          | 0,77           | 0,78                |
| 18          | 0,47           | 0,46                |
| 21          | 0,41           | 0,76                |
| 24          | 0,48           | 0,52                |

**Lampiran 9. Data Hasil Uji Anova 2 Jalan dengan Replikasi pada Pengaruh Variasi Jenis Larutan Elektrolit  
Kuat Arus**

*Anova: Two-Factor With Replication*

| SUMMARY                    | NA       | Gerabah  | Total    |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| <i>Kalium ferisianida</i>  |          |          |          |
| <i>Count</i>               | 9        | 9        | 18       |
| <i>Sum</i>                 | 0,0202   | 0,03842  | 0,05862  |
| <i>Average</i>             | 0,002244 | 0,004269 | 0,003257 |
| <i>Variance</i>            | 7,62E-06 | 1,33E-05 | 1,09E-05 |
| <i>Kalium permanganate</i> |          |          |          |

|                 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 9        | 9        | 18       |
| <i>Sum</i>      | 0,02625  | 0,01685  | 0,0431   |
| <i>Average</i>  | 0,002917 | 0,001872 | 0,002394 |
| <i>Variance</i> | 6,99E-08 | 2,96E-08 | 3,36E-07 |

### *Total*

|                 |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 18       | 18       |
| <i>Sum</i>      | 0,04645  | 0,05527  |
| <i>Average</i>  | 0,002581 | 0,003071 |
| <i>Variance</i> | 3,74E-06 | 7,78E-06 |

### ANOVA

| <i>Source of Variation</i> | <i>SS</i> | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| <i>Sample</i>              | 6,69E-06  | 1         | 6,69E-06  | 1,274698 | 0,26728        | 4,149097      |
| <i>Columns</i>             | 2,16E-06  | 1         | 2,16E-06  | 0,411681 | 0,525687       | 4,149097      |
| <i>Interaction</i>         | 2,12E-05  | 1         | 2,12E-05  | 4,037116 | 0,053007       | 4,149097      |

|               |          |    |          |
|---------------|----------|----|----------|
| <i>Within</i> | 0,000168 | 32 | 5,25E-06 |
| <i>Total</i>  | 0,000198 | 35 |          |

---

## Tegangan

Anova: Two-Factor With Replication

| SUMMARY            | NA       | Gerabah  | Total    |
|--------------------|----------|----------|----------|
| <i>kalium</i>      |          |          |          |
| <i>ferisianida</i> |          |          |          |
| <i>Count</i>       | 9        | 9        | 18       |
| <i>Sum</i>         | 4,52     | 4,72     | 9,24     |
| <i>Average</i>     | 0,502222 | 0,524444 | 0,513333 |

*Variance*            0,003869   0,005503   0,004541

*kalium*

*permanganate*

|                 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 9        | 9        | 18       |
| <i>Sum</i>      | 5,66     | 5,51     | 11,17    |
| <i>Average</i>  | 0,628889 | 0,612222 | 0,620556 |
| <i>Variance</i> | 0,002861 | 0,000919 | 0,001853 |

*Total*

|                 |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 18       | 18       |
| <i>Sum</i>      | 10,18    | 10,23    |
| <i>Average</i>  | 0,565556 | 0,568333 |
| <i>Variance</i> | 0,007414 | 0,005062 |



**Absorbansi**

*ANOVA*

| <i>Source of Variation</i> | <i>SS</i> | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| <i>Sample</i>              | 0,103469  | 1         | 0,103469  | 31,46695 | 3,37E-06       | 4,149097      |
| <i>Columns</i>             | 6,94E-05  | 1         | 6,94E-05  | 0,021119 | 0,885366       | 4,149097      |
| <i>Interaction</i>         | 0,003403  | 1         | 0,003403  | 1,034847 | 0,316653       | 4,149097      |
| <i>Within</i>              | 0,105222  | 32        | 0,003288  |          |                |               |
| <i>Total</i>               | 0,212164  | 35        |           |          |                |               |

*Anova: Two-Factor With Replication*

SUMMARY      NA      Gerabah      Total

*kalium  
ferisianida*

---

*Count*      9      9      18

*Sum*      5,3      5,95      11,25

*Average*      0,588889      0,661111      0,625

*Variance*      0,023911      0,046986      0,034744

*kalium  
permanganate*

---

*Count*      9      9      18

|                 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| <i>Sum</i>      | 8,5      | 11,04    | 19,54    |
| <i>Average</i>  | 0,944444 | 1,226667 | 1,085556 |
| <i>Variance</i> | 0,195078 | 0,37065  | 0,287308 |

*Total*

---

|                 |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 18       | 18       |
| <i>Sum</i>      | 13,8     | 16,99    |
| <i>Average</i>  | 0,766667 | 0,943889 |
| <i>Variance</i> | 0,136518 | 0,281202 |

*ANOVA*

---

| <i>Source of</i>   |           |           |           |          |                |               |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| <i>Variation</i>   | <i>SS</i> | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
| <i>Sample</i>      | 1,909003  | 1         | 1,909003  | 11,99452 | 0,001538       | 4,149097      |
| <i>Columns</i>     | 0,282669  | 1         | 0,282669  | 1,77605  | 0,192047       | 4,149097      |
| <i>Interaction</i> | 0,099225  | 1         | 0,099225  | 0,623444 | 0,435582       | 4,149097      |
| <i>Within</i>      | 5,093     | 32        | 0,159156  |          |                |               |
| <i>Total</i>       | 7,383897  | 35        |           |          |                |               |

---

***Power Density****Anova: Two-Factor With Replication*

| SUMMARY            | NA       | gerabah  | Total    |
|--------------------|----------|----------|----------|
| <i>kalium</i>      |          |          |          |
| <i>ferisianida</i> |          |          |          |
| <i>Count</i>       | 9        | 9        | 18       |
| <i>Sum</i>         | 3,290541 | 6,070987 | 9,361529 |
| <i>Average</i>     | 0,365616 | 0,674554 | 0,520085 |
| <i>Variance</i>    | 0,211369 | 0,307456 | 0,269417 |

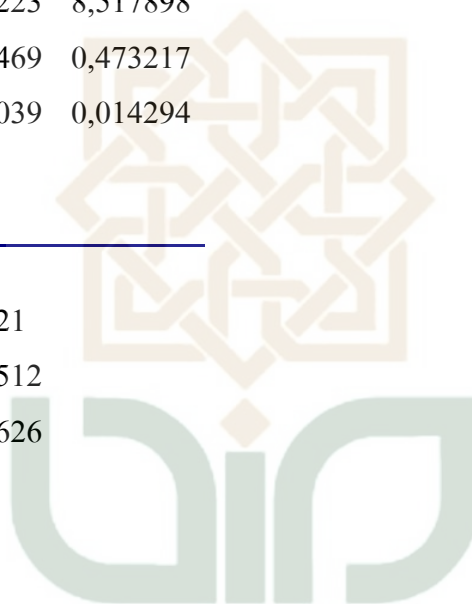
*kalium**permanganate*

|                 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 9        | 9        | 18       |
| <i>Sum</i>      | 5,237675 | 3,280223 | 8,517898 |
| <i>Average</i>  | 0,581964 | 0,364469 | 0,473217 |
| <i>Variance</i> | 0,002727 | 0,001039 | 0,014294 |

*Total*

---

|                 |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| <i>Count</i>    | 18       | 18       |
| <i>Sum</i>      | 8,528217 | 9,35121  |
| <i>Average</i>  | 0,47379  | 0,519512 |
| <i>Variance</i> | 0,113141 | 0,170626 |



## ANOVA

| <i>Source of Variation</i> | <i>SS</i> | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| <i>Sample</i>              | 0,01977   | 1         | 0,01977   | 0,151322 | 0,699852       | 4,149097      |
| <i>Columns</i>             | 0,018814  | 1         | 0,018814  | 0,144009 | 0,706835       | 4,149097      |
| <i>Interaction</i>         | 0,623547  | 1         | 0,623547  | 4,772737 | 0,036352       | 4,149097      |
| <i>Within</i>              | 4,180723  | 32        | 0,130648  |          |                |               |
| <i>Total</i>               | 4,842854  | 35        |           |          |                |               |

**Lampiran 10. Data Hasil Uji Anova 2 Jalan dengan Replikasi pada Pengaruh Perbedaan Membran pada MFC**

**Kuat arus**

Anova: Two-Factor With Replication

|                | kalium<br>permanganat | kalium<br>ferisianida | Total    |
|----------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <i>Gerabah</i> |                       |                       |          |
| Count          | 9                     | 9                     | 18       |
| Sum            | 0,03842               | 0,0202                | 0,05862  |
| Average        | 0,004268889           | 0,002244444           | 0,003257 |
| Variance       | 1,32797E-05           | 7,6167E-06            | 1,09E-05 |



*Nutrient**Agar*

|          |             |             |          |
|----------|-------------|-------------|----------|
| Count    | 9           | 9           | 18       |
| Sum      | 0,02625     | 0,0202      | 0,04645  |
| Average  | 0,002916667 | 0,002244444 | 0,002581 |
| Variance | 6,9875E-08  | 7,6167E-06  | 3,74E-06 |

*Total*

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| Count    | 18          | 18          |
| Sum      | 0,06467     | 0,0404      |
| Average  | 0,003592778 | 0,002244444 |
| Variance | 6,76616E-06 | 7,16866E-06 |

## ANOVA

| <i>Source of</i> |             |           |           |          |                |               |
|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| <i>Variation</i> | <i>SS</i>   | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
| Sample           | 4,11414E-06 | 1         | 4,11E-06  | 0,575747 | 0,453537       | 4,149097      |
| Columns          | 1,6362E-05  | 1         | 1,64E-05  | 2,289759 | 0,140045       | 4,149097      |
| Interaction      | 4,11414E-06 | 1         | 4,11E-06  | 0,575747 | 0,453537       | 4,149097      |
| Within           | 0,000228664 | 32        | 7,15E-06  |          |                |               |
| Total            | 0,000253254 | 35        |           |          |                |               |

## Tegangan

Anova: Two-Factor With Replication

| SUMMARY        | kalium<br>permanganat | kalium<br>ferisianida | Total    |
|----------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <i>Gerabah</i> |                       |                       |          |
| Count          | 9                     | 9                     | 18       |
| Sum            | 5,51                  | 4,72                  | 10,23    |
| Average        | 0,612222222           | 0,524444444           | 0,568333 |
| Variance       | 0,000919444           | 0,005502778           | 0,005062 |

*Nutrient*

*Agar*

|       |   |   |    |
|-------|---|---|----|
| Count | 9 | 9 | 18 |
|-------|---|---|----|

|          |             |             |          |
|----------|-------------|-------------|----------|
| Sum      | 5,66        | 4,52        | 10,18    |
| Average  | 0,628888889 | 0,502222222 | 0,565556 |
| Variance | 0,002861111 | 0,003869444 | 0,007414 |

*Total*

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| Count    | 18          | 18          |
| Sum      | 11,17       | 9,24        |
| Average  | 0,620555556 | 0,513333333 |
| Variance | 0,001852614 | 0,004541176 |

ANOVA

| <i>Source of Variation</i> | <i>SS</i>   | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|----------------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| Sample                     | 6,94444E-05 | 1         | 6,94E-05  | 0,021119 | 0,885366       | 4,149097      |

|             |             |    |          |          |          |          |
|-------------|-------------|----|----------|----------|----------|----------|
| Columns     | 0,103469444 | 1  | 0,103469 | 31,46695 | 3,37E-06 | 4,149097 |
| Interaction | 0,003402778 | 1  | 0,003403 | 1,034847 | 0,316653 | 4,149097 |
| Within      | 0,105222222 | 32 | 0,003288 |          |          |          |
| Total       | 0,212163889 | 35 |          |          |          |          |

---



## Absorbansi

Anova: Two-Factor With Replication

| SUMMARY         | kalium<br>permanganat | kalium<br>ferisianida | Total    |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <i>Gerabah</i>  |                       |                       |          |
| Count           | 9                     | 9                     | 18       |
| Sum             | 11,04                 | 5,95                  | 16,99    |
| Average         | 1,226666667           | 0,661111111           | 0,943889 |
| Variance        | 0,37065               | 0,046986111           | 0,281202 |
| <i>Nutrient</i> |                       |                       |          |
| <i>Agar</i>     |                       |                       |          |
| Count           | 9                     | 9                     | 18       |

|          |              |              |          |
|----------|--------------|--------------|----------|
| Sum      | 8,5          | 5,3          | 13,8     |
| Average  | 0,9444444444 | 0,5888888889 | 0,766667 |
| Variance | 0,195077778  | 0,023911111  | 0,136518 |

*Total*

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| Count    | 18          | 18          |
| Sum      | 19,54       | 11,25       |
| Average  | 1,085555556 | 0,625       |
| Variance | 0,287308497 | 0,034744118 |

ANOVA

| <i>Source of Variation</i> | <i>SS</i>   | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|----------------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| Sample                     | 0,282669444 | 1         | 0,282669  | 1,77605  | 0,192047       | 4,149097      |

|             |             |    |          |          |          |          |
|-------------|-------------|----|----------|----------|----------|----------|
| Columns     | 1,909002778 | 1  | 1,909003 | 11,99452 | 0,001538 | 4,149097 |
| Interaction | 0,099225    | 1  | 0,099225 | 0,623444 | 0,435582 | 4,149097 |
| Within      | 5,093       | 32 | 0,159156 |          |          |          |
| Total       | 7,383897222 | 35 |          |          |          |          |

---

### *Power Density*

Anova: Two-Factor With Replication

|         |             |             |       |
|---------|-------------|-------------|-------|
|         | kalium      | kalium      |       |
| SUMMARY | permanganat | ferisianida | Total |

*Gerabah*

---



|          |             |             |          |
|----------|-------------|-------------|----------|
| Count    | 9           | 9           | 18       |
| Sum      | 3,290541401 | 1,5484      | 4,838941 |
| Average  | 0,365615711 | 0,172044444 | 0,26883  |
| Variance | 0,211368725 | 0,00204823  | 0,11035  |

*Nutrient*

*Agar*

---

|          |             |             |          |
|----------|-------------|-------------|----------|
| Count    | 9           | 9           | 18       |
| Sum      | 5,237675159 | 3,290541401 | 8,528217 |
| Average  | 0,581963907 | 0,365615711 | 0,47379  |
| Variance | 0,002726604 | 0,211368725 | 0,113141 |

*Total*

---

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| Count    | 18          | 18          |
| Sum      | 8,528216561 | 4,838941401 |
| Average  | 0,473789809 | 0,268830078 |
| Variance | 0,11314071  | 0,110349994 |

## ANOVA

| <i>Source of Variation</i> | <i>SS</i>   | <i>Df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|----------------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| Sample                     | 0,378076422 | 1         | 0,378076  | 3,537456 | 0,069124       | 4,149097      |
| Columns                    | 0,378076422 | 1         | 0,378076  | 3,537456 | 0,069124       | 4,149097      |
| Interaction                | 0,001167274 | 1         | 0,001167  | 0,010922 | 0,91742        | 4,149097      |
| Within                     | 3,420098277 | 32        | 0,106878  |          |                |               |
| Total                      | 4,177418395 | 35        |           |          |                |               |

**Lampiran 11. Foto Dokumentasi saat Proses Running MFC**



Running MFC NA dan MFC gerabah dengan larutan elektrolit kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ )



Running MFC NA dan MFC gerabah dengan larutan elektrolit kalium ferrisianida ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ )

## CURRICULUM VITAE



### A. Identitas diri

|    |                          |   |
|----|--------------------------|---|
| 1  | Nama Lengkap             | Dhea Wiegya Rahmadhani  |
| 2  | Tempat dan Tanggal Lahir | Klaten, 2 Januari 1998  |
| 3  | Jenis Kelamin            | Perempuan   |
| 4  | Golongan Darah           | A   |
| 5  | Agama                    | Islam   |
| 6  | Suku                     | Jawa  |
| 7  | Alamat Rumah             | Trimulyo Rt.07/Rw.04,<br>Pandeyan, Jatinom, Klaten  |
| 8  | Alamat Domisili          | Babadan Baru, Kentungan,<br>Condong Catur, Depok,<br>Sleman, Yogyakarta   |
| 9  | Kewarganegaraan          | Indonesia   |
| 11 | Email                    | <a href="mailto:dheakk02@gmail.com">dheakk02@gmail.com/</a><br><a href="mailto:dheawiegya001@gmail.com">dheawiegya001@gmail.com</a> |
| 12 | Motto                    | <i>Do a kindness right now</i>  |
| 13 | Hobi                     | Membaca Buku, Menulis   |

## B. Pendidikan

| No. | Institusi Pendidikan                                   | Tahun         |
|-----|--|---------------|
| 1   | TK Pertiwi 2 Pandeyan                                  | 2002-2003     |
| 2   | SD Negeri 2 Pandeyan                                   | 2003-2009     |
| 3   | SMP Negeri 1 Tulung                                    | 2009-2012     |
| 4   | SMA Negeri 1 Jatinom                                   | 2012-2015     |
| 5   | UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta<br>(Program Studi Kimia) | 2015-sekarang |

## C. Organisasi

| Nama Organisasi   | Jabatan                                | Lingkup | Periode           |
|---|--|---------|-------------------|
| DEMA<br>Fakultas<br>Sains dan<br>Teknologi                | Koordinator<br>Divisi<br>Kewirausahaan | Kampus  | 2018              |
| PMII Rayon Aufklarung<br>UIN Sunan<br>Kalijaga Yogyakarta | Anggota                                | Kampus  | 2015-<br>sekarang |

**D. Pengalaman Kepanitiaan**

| <b>Nama Kegiatan</b>              | <b>Jabatan</b>                                      | <b>Lingkup</b> | <b>Tahun</b> |
|-----------------------------------|---|----------------|--------------|
| Chemistry Festival Competition I  | Anggota Divisi Publikasi, Dekorasi, dan Dokumentasi | Kampus         | 2016         |
| Chemistry Festival Competition II | Anggota Divisi Hubungan Masyarakat                  | Kampus         | 2017         |