

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

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



**Oleh:  
Andika  
14630041**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2019**



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-1948/Un.02/DST/PP.00.9/05/2019

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

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANDIKA  
Nomor Induk Mahasiswa : 14630041  
Telah diujikan pada : Kamis, 25 April 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. Esti Wahyu Widowati, M.Si.  
NIP. 19760830 200312 2 001

Penguji II

Endarujati Sedyadi, M.Sc.  
NIP. 19820205 201503 1 003

Yogyakarta, 25 April 2019  
UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
DEKAN



Dr. Murtono, M.Si.  
NIP. 19691212 200003 1 001

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal:  
Lamp:

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

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

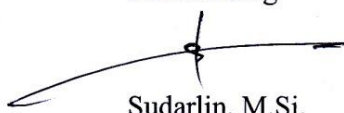
Nama : Andika  
NIM : 14630041  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)

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 .....

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

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 27 Mei 2019  
Pembimbing

  
Sudarlin, M.Si.  
NIP. 19850611 000000 1 301

## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

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

Nama : Andika  
NIM : 14630041  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe 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 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 24 Mei 2019  
Konsultan,



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

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

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

Nama : Andika

NIM : 14630041

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

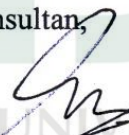
sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 24 Mei 2019

Konsultan,

  
Endarujati Sedyadi, M.Sc.

NIP. 19820205 201503 1 003

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andika

NIM : 14630041

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 Mei 2019



Materai 6000  
Tanda Tangan

*Andika*  
Andika  
NIM 14630041

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan nikmat yang diberikan oleh-Nya pada Penulis sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan.

Karya ini didedikasikan kepada :

Orang Tua, Kakak, Adik, serta semua teman, sahabat yang sudah membantu dan mendukungku dalam berbagai hal.

Terima kasih atas segala cinta kasih sayang yang tiada henti, untuk segala ridlo dan dukungannya dalam setiap keputusan saya dalam mencapai cita-cita.

Semoga Allah senantiasa memberikan keberkahan hidup pada kita semua

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **MOTTO**

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal itu  
amat baik bagi kamu.

Boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia  
amat buruk bagi kamu

Allah maha mengetahui sedangkan kamu tidak  
mengetahui”

(Al-Baqarah:216)

“Cintailah sesuatu itu dengan cinta.”

Listen with your heart, you will understand

(Pocahontas)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul'alam* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Gerabah dan Limbah Cair Tempe Sebagai Sumber Energi Alternatif Berbasis *Microbial Fuel Cell* (MFC)” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih 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, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan nasehat selama penulis menempuh perkuliahan di Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.
4. Bapak Sudarlin, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah sangat banyak membantu dari tahap penelitian hingga penulisan skripsi ini serta selalu memberikan motivasi, saran, nasehat dan ilmu yang bermanfaat sejak awal masa perkuliahan hingga sekarang.
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. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga besar yang selalu berusaha semaksimal mungkin, membantu, mendorong dan tidak pernah lupa untuk selalu mendoakan saya sehingga bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
9. Imam, Zidni dan Mas Mahmud sebagai teman penelitian yang memiliki dosen pembimbing sama yang selalu berbagi semangat dan motivasi
10. Viki, Mahfud, Imam sebagai teman dan sahabat menghabiskan waktu menjadi cerita.
11. Afi, Nafis Ditha Fifi dan Rafidha yang sudah memberikan semangat dan dukungan
12. Mba Yayah dan Mba Eka yang sudah memberikan saran, masukan dan berbagi pengalaman dalam melakukan penelitian
13. Teman-teman kimia angkatan 2014 yang tidak dapat disebutkan yang selalu membantu proses studi dan mendukung proses penulisan.
14. Rekan-rekan kimia lintas angkatan serta semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

15. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penyusun harapkan. Penyusun berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 4 Mei 2019

Penyusun



## DAFTAR ISI

<u>PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....</u>	<u>ii</u>
<u>SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....</u>	<u>iii</u>
<u>NOTA DINAS KONSULTAN .....</u>	<u>iv</u>
<u>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</u>	<u>vi</u>
<u>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</u>	<u>vii</u>
<u>MOTTO .....</u>	<u>viii</u>
<u>KATA PENGANTAR .....</u>	<u>ix</u>
<u>DAFTAR ISI .....</u>	<u>xiii</u>
<u>DAFTAR TABEL .....</u>	<u>xiv</u>
<u>DAFTAR GAMBAR .....</u>	<u>xv</u>
<u>DAFTAR LAMPIRAN .....</u>	<u>xvi</u>
<u>ABSTRAK .....</u>	<u>xvii</u>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
A. Tinjauan Pustaka .....	6
B. Landasan teori .....	10
C. Hipotesis Penelitian .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
B. Alat-alat Penelitian .....	22
C. Bahan Penelitian.....	22
D. Cara Kerja Penelitian.....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
A. Desain Microbial Fuel Cell .....	29
B. Pertumbuhan Mikroba .....	29
C. Hasil Pengukuran Energi Listrik pada Reaktor <i>Microbial Fuel Cell</i> .....	30
D. Hasil Uji Parameter COD Limbah Cair Tempe .....	35
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>37</b>
A. Kesimpulan .....	37
B. Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe. ....	16
Tabel 4.1	Hasil Uji Parameter COD Limbah Cair Tempe. ....	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip Kerja MFC (Logan, dkk., 2006).....	11
Gambar 2.2	Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme (Sumarsih, 2007) .....	18
Gambar 4.1	Ilustrasi Reaktor MFC A .....	27
Gambar 4.2	Ilustrasi Reaktor MFC B .....	28/
Gambar 4.3	Hasil Pengukuran <i>Optical Density</i> Selama Waktu Pengoperasian 48 Jam.....	29
Gambar 4.4	Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Selama Waktu Pengoperasian 48 Jam .....	31
Gambar 4.5	Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik Selama Waktu Pengoperasian 48 Jam .....	31
Gambar 4.6	Hasil <i>power density</i> selama waktu pengoperasian 48 Jam.....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema dan Alur Penelitian. ....	42
Lampiran 2	Proses Pengukuran pada Running Reaktor MFC .....	45
Lampiran 3	Data Hasil Pengukuran Tegangan (V) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam. ....	55
Lampiran 4	Data Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik (mA) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam.....	56
Lampiran 5	Data Hasil Pengukuran <i>Optical Density</i> (A) di panjang gelombang 490 nm pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam.....	46
Lampiran 6	Data Hasil Pengukuran <i>Optical Density</i> (A) di panjang gelombang 490 nm pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam.....	47
Lampiran 7	Laporan Hasil Uji Parameter COD.....	48
Lampiran 8	Foto Dokumentasi. ....	49
Lampiran 9	Uji Statistika. ....	50

## ABSTRAK

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

Oleh:

Andika

14630041

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penggunaan gerabah sebagai ruang anoda dan membran terhadap *power density*, *Optical Density* (OD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah dalam sistem MFC. Ruang anoda berisi substrat limbah dan ruang katoda berisi larutan  $\text{KMnO}_4$  0.1 M. Kinerja MFC gerabah akan dibandingkan dengan MFC jembatan garam. Arus dan tegangan diukur menggunakan multimeter, dan pengukuran OD pada panjang gelombang 489 nm untuk mengetahui aktivitas pertumbuhan bakteri. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan nilai *power density* tertinggi MFC gerabah sebesar sebesar  $2197.343 \text{ mWm}^{-2}$  sedangkan MFC jembatan garam sebesar  $195.523 \text{ mWm}^{-2}$ . Perubahan COD MFC gerabah turun sebesar 27,69% dan MFC Jembatan Garam 16.15%.

Kata Kunci: gerabah, air limbah tempe, *power density*, *Microbial Fuel Cell*, *Chemical Oxygen Demand* (COD)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Perkembangan penduduk dan industrialisasi berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi, terutama energi listrik. Di Indonesia, sumber energi listrik berasal dari pengolahan bahan bakar fosil yang merupakan energi tak terbarukan sehingga cadangan energi dari jenis ini semakin menipis. Kondisi ini memicu terjadinya krisis energi. Oleh karena itu, pengembangan energi listrik dari sumber bahan bakar non fosil sangat dibutuhkan. Pemanfaatan mikroorganisme berbasis sel elektrokimia sebagai penghasil energi listrik merupakan salah satu cara untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Sistem yang digunakan adalah *Microbial Fuel Cell* (MFC) (Novitasari, 2011).

*Microbial Fuel Cell* (MFC) atau sel elektrokimia berbasis mikroba merupakan sel bahan bakar yang memanfaatkan bahan organik untuk digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitas metabolismenya. MFC mengkonversi energi kimia pada bahan organik menjadi energi listrik menggunakan mikroorganisme sebagai biokatalis (Ibrahim dkk., 2014). Sistem MFC umumnya terdiri dari ruang anoda, ruang katoda dan jembatan garam. Bakteri mengoksidasi senyawa organik dan menghasilkan proton dan elektron. Elektron-elektron yang dihasilkan kemudian ditransfer melalui sirkuit dari anoda ke katoda menghasilkan listrik. Proton bermigrasi ke katoda melalui membran. Di katoda, proton dan elektron bergabung dengan oksigen membentuk air ( $H_2O$ ) (Pallavi dan Udayashankara, 2016).

Teknologi MFC telah dikembangkan pada aplikasi pengolah limbah cair yang memberikan keuntungan selain sebagai penghasil listrik, sekaligus sebagai alternatif pengolahan limbah (Rinaldi dkk., 2014). Modifikasi sistem MFC dilakukan untuk meningkatkan kinerja MFC. Pada aplikasi teknologi MFC sebagai pengolah limbah, konstruksi reaktor dan keberadaan *proton exchange membrane* (PEM) menjadi permasalahan dalam teknologi ini. Selain harga PEM yang relatif mahal, dengan adanya air di dalam bejana anoda, keberadaan PEM menjadi tidak berguna karena air akan menghantarkan proton kekatoda. Penghilangan PEM dalam sistem MFC juga mempunyai kelemahan, tanpa adanya membran, oksigen akan berdifusi kebejana anoda. Oksigen yang berdifusi kebejana anoda akan mempengaruhi kuat listrik yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya transfer oksigen keanoda. Adanya oksigen pada bejana anoda akan mengakibatkan potensial pada substrat hilang karena reaksi oksidasi aerobik oleh bakteri pada bejana anoda (Apriyani, 2013).

Berbagai upaya dilakukan untuk mengganti PEM konvensional dengan material yang lebih baik untuk meningkatkan kinerja MFC. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menggunakan gerabah sebagai membran. Tamakloe dkk. (2015) telah melakukan penelitian penggunaan gerabah yang digunakan sebagai membran sekaligus sebagai ruang anoda pada MFC. Elektroda yang digunakan yaitu *zinc rod* sebagai anoda dan aluminium sebagai katoda. Penelitian tersebut menghasilkan energi listrik maksimal (*power density*) sebesar  $369 \text{ mW/m}^2$ .

Pemanfaatan air limbah tempe sebagai substrat dalam sistem MFC telah dilakukan Lutfiah (2016) menggunakan MFC *dual chamber* dengan jembatan

garam. Elektroda yang digunakan adalah karbon grafit. Substrat air limbah tempe pada sistem tersebut mampu menghasilkan energi listrik maksimal (*power density*) sebesar  $6.296 \text{ mW/m}^2$  pada limbah kontrol.

Penelitian ini memanfaatkan gerabah sebagai membran sekaligus sebagai ruanganoda dan pemanfaatan air limbah tempe sebagai substrat. Penggunaan gerabah sebagai pengganti PEM konvensional bertujuan untuk mengetahui kinerja gerabah dalam sistem MFC. Kinerja MFC dengan pemanfaatan gerabah akan dibandingkan dengan MFC dengan jembatan garam. Metode yang digunakan untuk mengetahui kinerja MFC adalah pengukuran *Optical Density* (OD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Parameter yang digunakan adalah pengukuran adalah pengukuran kuat arus (I), tegangan (V), dan *power density* (W). Dalam penelitian ini digunakan larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  dengan konsentrasi 0.1 M merujuk pada penelitian Hermayanti (2014).

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem MFC yang digunakan pada penelitian ini adalah MFC *Dual Chamber* (MFC A) menggunakan membran gerabah dan MFC *Dual Chamber* (MFC B) menggunakan jembatan garam.
2. Penelitian ini belum mempertimbangkan perbedaan luas permukaan membran (gerabah dan jembatan garam) yang digunakan.
3. Elektroda yang digunakan adalah batangan karbon grafit dengan luas permukaan  $32.97 \text{ cm}^2$ .

4. Elektrolit yang digunakan adalah  $\text{KMnO}_4$  0.1 M.
5. Parameter yang digunakan adalah kuat arus (I), tegangan (V), *power density* (W), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

### C. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kinerja MFC A menggunakan membran gerabah dibandingkan dengan MFC B menggunakan jembatan garam berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *Power Density* (W)?
2. Bagaimana kinerja MFC dalam proses pengolahan limbah cair tempe menggunakan sistem MFC terhadap perubahan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD)?

### D. Tujuan Penelitian

Penelitian memiliki beberapa tujuan, antara lain:

1. Mengetahui kinerja MFC A menggunakan membran gerabah dengan MFC B menggunakan jembatan garam berdasarkan parameter kuat arus (I), tegangan (V), dan *Power Density* (W).
2. Mengetahui kinerja MFC terhadap perubahan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah cair tempe.

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi mengenai potensi penggunaan keramik jenis gerabah dalam sistem *Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber* sebagai sumber energi listrik, serta perubahan nilai parameter COD limbah. Dengan informasi tersebut juga diharapkan menambah metode baru dalam mengatasi permasalahan energi dan lingkungan.



## BAB II PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Tegangan listrik reaktor MFC A stabil pada kisaran 0.845 V dengan tegangan maksimum sebesar 1.07 V sedangkan pada reaktor MFC B rata-rata stabil pada kisaran 0.941 V dengan tegangan maksimum sebesar 1.02 V. Nilai kuat arus listrik reaktor MFC A kuat arus yang diperoleh rata-rata sebesar 3.86 mA dengan kuat arus maksimum 7.74 mA sedangkan pada reaktor MFC B rata-rata sebesar 0.069 mA dengan kuat arus maksimum 0.79 mA. Nilai *power density* reaktor MFC A rata-rata sebesar 1012.799  $\text{mWm}^{-2}$  dengan *power density* maksimum sebesar 2197.343  $\text{mWm}^{-2}$  sedangkan *power density* reaktor MFC B rata-rata sebesar 17.966  $\text{mWm}^{-2}$  dengan *power density* maksimum sebesar 195.523  $\text{mWm}^{-2}$ .
2. Sistem MFC mampu menurunkan nilai *chemical oxygen demand* (COD) limbah cair tempe sebesar 27.69 % pada reaktor MFC A dan sebesar 16.15% pada reaktor MFC B.

### B. Saran

Setelah melakukan penelitian ini, ada beberapa hal yang dapat dijadikan saran bagi penelitian selanjutnya, saran tersebut meliputi:

1. Pengujian penggunaan gerabah sebagai membran dengan pembandingan membran komersial seperti nafion, dengan luas permukaan yang sama.
2. Penambahan waktu proses running reaktor MFC yang lebih lama untuk melihat ketahanan membran gerabah dalam menghasilkan listrik maupun dalam mendegradasi limbah.
3. Modifikasi gerabah dengan mineral lempung yang lain.



## 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.
- Amaliah, Z. N.; Saiful B.; Puteri A. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat Dari Limbah Cair Rendaman Kacang Kedelai. *JFFI*. **2018**, 5(1), 253-257.
- Cheng, S.; Logan B. E. Increasing Power Generation For Scaling Up Single-Chamber Air Cathode Microbial Fuel Cells. *Bioresource Technology* **102**. **2011**, 4468–4473.
- Ghadge, A. N.; Mypati, S.; Narcis, D. Influence Of Ceramic Separator's Characteristics On Microbial Fuel Cell Performance. *J. Electrochem. Sci. Eng.* **2014**, 4(4), 315-326.
- Hakim, I. N. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Sebagai Media Bioremediasi Terhadap Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS). *Unnes Journal of Public Health*. **2012**, 1, 23-30.
- Hermayanti, A.; Irwan, N. Potensi Perolehan Energi Listrik Dari Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Salt Bridge Microbial Fuel Cell. *J. Sains Dasar*. **2014**, 3(2), 162-168.
- Ibrahim, B.; Pipih, S.; Syeila, R. Kinerja Rangkaian Seri Sistem Microbial Fuel Cell. *JPHPI* . **2014**, 17 (1) , 71-79.
- Jone, Y.; Lakon, U.; Yudho D.G. 2015, *Pemanfaatan Lempung Sebagai Bahan Baku Gerabah*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015, Institut Teknologi Adi Tama, Surabaya.
- Liu, H. *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, 2008, 221 - 243.
- Logan, B. E.; Berthamelers, Z.; Uweschröder, J. Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology. *Environmental Science & Technology*. **2006**, 40 (17), 5181-5192.
- Luthfiah, Y., 2016, *Optimasi Waktu Inkubasi Mikroba Untuk Meningkatkan energi Listrik dan Menurunkan Parameter Limbah Cair Industri Tempe Pada Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) Dual Chamber*. Skripsi. Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

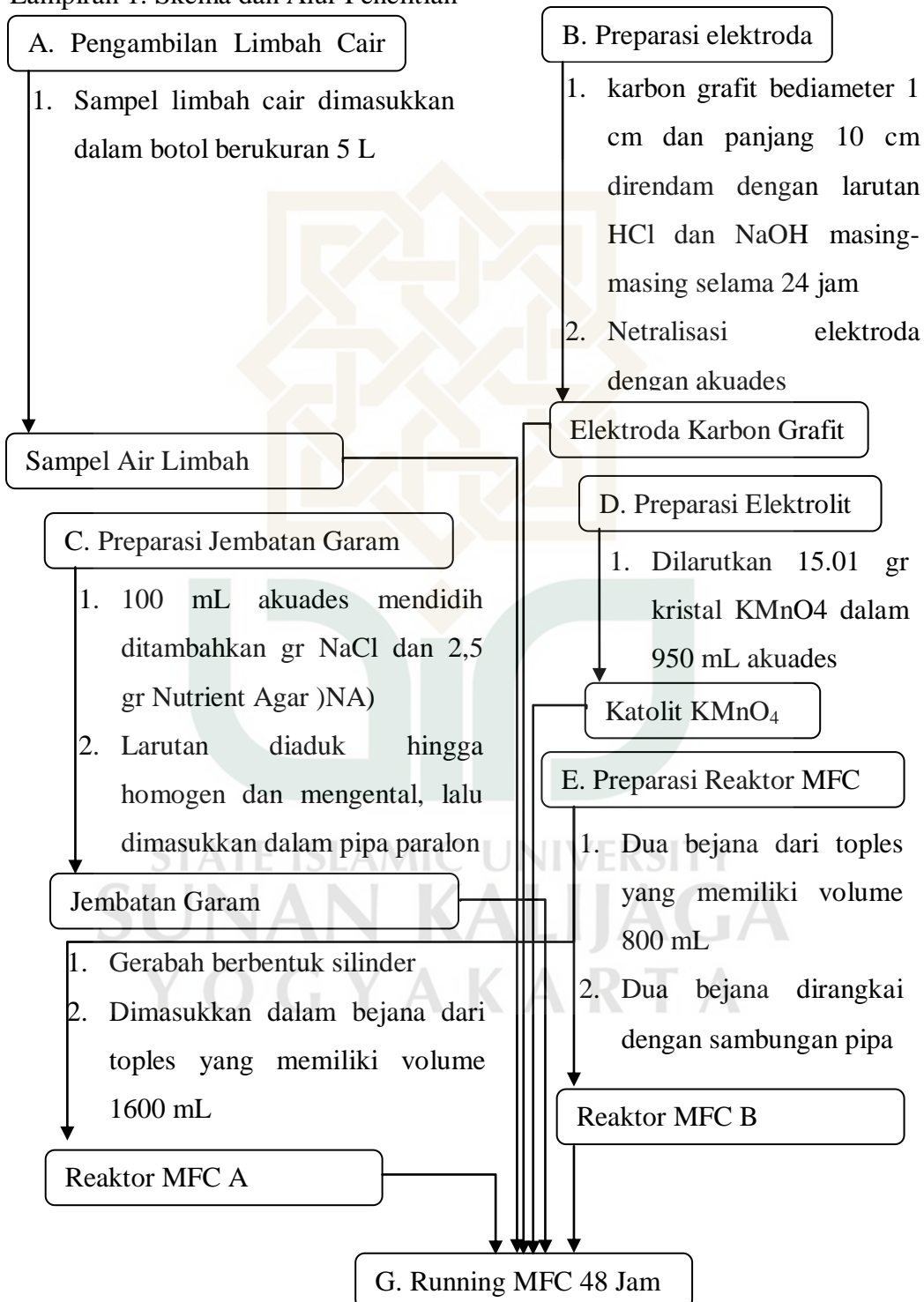


- Lovley D. R. Bug Juice: Harvesting Electricity With Microorganisms. *Nat. Rev.* **2006**, *4*,497-508.
- Mardiana, U.; Buchari, B.; Suryo, G. Microbial Fuel Cell Berbasis Yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*. **2015**, *14(1)* , 56-62.
- Novitasari, D., 2011, Optimasi Kinerja Microbial Fuel Cell (MFC) untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri *Lactobacillus Bulgaricus*. Skripsi. Program Studi Teknik Kimia UI, Depok.
- Nurhayati, A. Y.; Hermawan, .Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia*. **2011**,*4(2)*, 42-50.
- Pallavi, C.; Udayashankara, T. 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)* . **2016**, 31-16.
- Rinaldi, W.; Yudha, N.; Syahiddin, W.; Cut, P. A. Pengolaham Limbah Cair Organik dengan Microbial Fue Cell. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 2014, *10(2)*, 92-98.
- Samudro, G.. Konservasi Energi Berbasis Renewable Energy Technology. *Jurnal PRESIPITASI*. **2016**, *13 (2)* 57-65.
- Sinaga, D. H.; Linda, S.; Agustina, A. L. Study Pendahuluan Pemanfaatan Whey Tahu Sebagai Substrat Dan Efek Luas Permukaan Elektroda Dalam Sistem Microbial Fuel Cell. *Jurnal Sains dan Matematika*. **2014**, *22(2)* , 30-35.
- Sumarsih. 2007. Pertumbuhan Mikroba Bab I. <https://sumarsih07.files.wordpress.com/2008/11/i-pertumbuhan-mikroba.pdf> (diakses 24 Januari 2014)
- Purwoko, T., 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara
- Tamakloe, R. Y.; Opoku-Donkor, T.; Agamasu, H. Comparative Study Of Double ChamberMicrobial Fuel Cells (DC-MFCs) UsingMfensi Clay As Ion-Exchange-Partition:Effect Of Pot. *International Journal of Technical Research and Application*. **2015**,126-128.
- Wardhana, W. Arya, 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi
- Widodo L. Unggul, 2013. *Mikrobiologi*. Tangerang Seatan: Mikrobiologi

- Wienfield, J.; Iwona, J.; John, G.; Ioannis, I. .A Review Into The Use Of Ceramics In Microbial Fel Cell. *Biosouerce Technology xxx*. **2016**, xxx-xxx.
- Winarno, T. Identifikasi Jenis dan Karakteristik Lempung di Perbukitan Jiwo, *Teknik*. **2017**, 38(2), 41-46.
- Wiryani, E. Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe Kedelai. *Bioma*. **2007**, 1410-880.
- Woo Hee-Gwon dan Hong Li, 2011. *Advanced Functional Material*. Hangzhou: Zhejiang University Press
- Zulkifi, A., 2014. *Pengelolaan Limbah Berkelanjutan*. Yogyakarta: Graha Ilmu

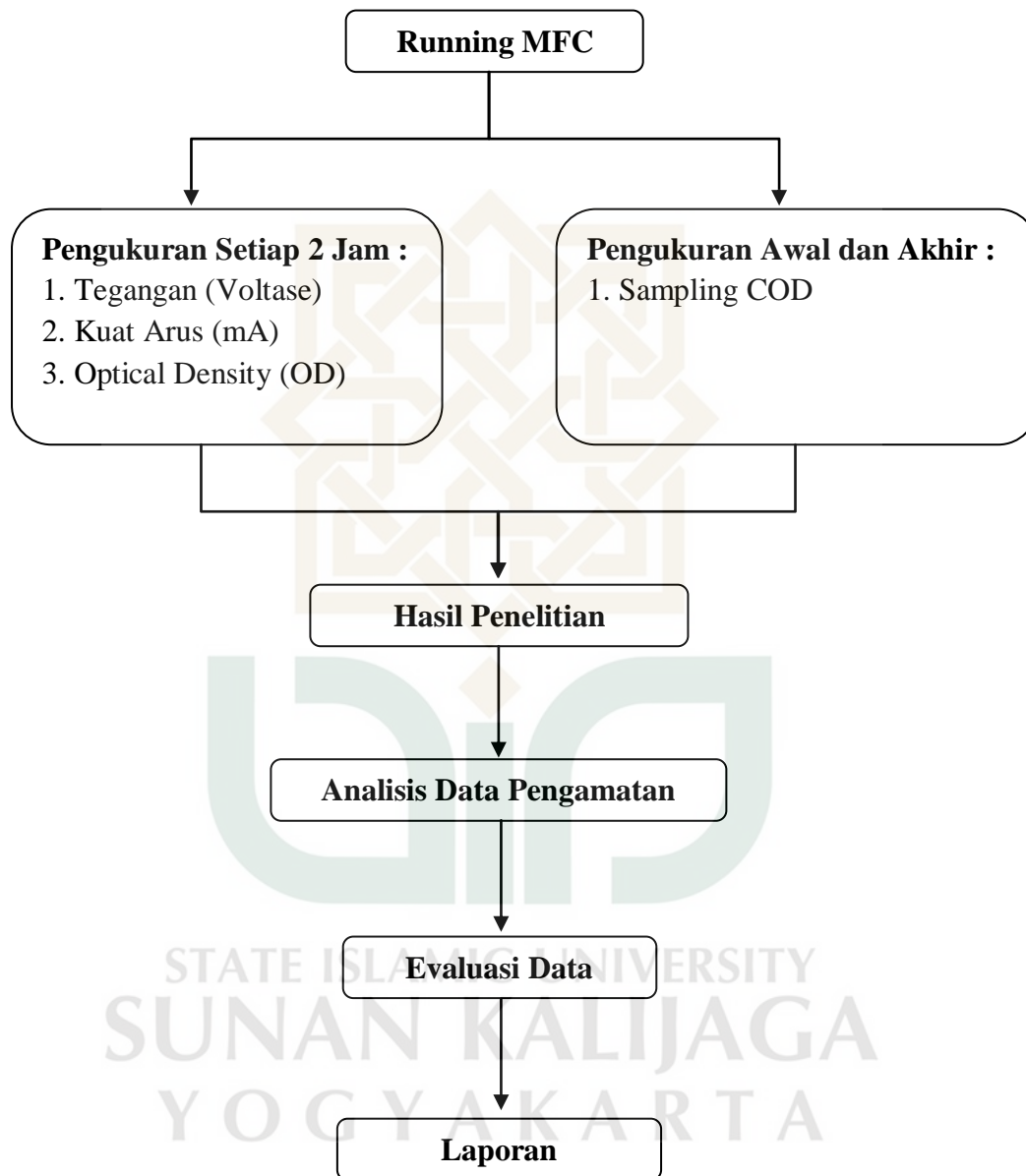
## LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema dan Alur Penelitian



Gambar 1. Skema dan Alur Penelitian

## Lampiran 2. Proses Pengukuran pada Running Reaktor MFC



Gambar 2. Proses Pengukuran pada Running Reaktor MFC

Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Tegangan (V) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam

Waktu (Jam)	Reaktor MFC B	Reaktor MFC A
0	0.709	0.627
2	0.772	0.711
4	0.804	0.813
6	0.808	0.831
8	0.816	0.874
10	0.811	0.834
12	0.835	0.883
14	0.882	0.936
16	1.029	1.070
18	0.905	0.903
20	0.930	0.851
22	0.927	0.815
24	0.940	0.828
26	0.928	0.893
28	0.962	0.852
30	1.027	0.957
32	0.971	0.803
34	0.990	0.764
36	0.991	0.808
38	0.947	0.811
40	0.966	0.785
42	1.006	0.753
44	0.991	0.795
46	0.978	0.778
48	0.929	0.765

Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Kuat Arus Listrik (mA) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam

Waktu (Jam)	Reaktor MFC B	Reaktor MFC A
0	0.676	0.43
2	0.780	8.52
4	0.810	9.13
6	0.820	9.80
8	0.790	6.62
10	0.103	5.96
12	0.096	6.82
14	0.112	7.74
16	0.070	5.87
18	0.053	3.75
20	0.035	3.71
22	0.021	3.69
24	0.023	3.03
26	0.019	3.14
28	0.012	2.69
30	0.016	3.65
32	0.015	2.43
34	0.018	2.31
36	0.016	3.31
38	0.013	3.34
40	0.012	3.16
42	0.007	2.93
44	0.007	2.41
46	0.007	1.98
48	0.005	2.52

Lampiran 5. Data Hasil Pengukuran *Optical Density* (A) di panjang gelombang 490 nm pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 49 Jam

Waktu (Jam)	Reaktor MFC B	Reaktor MFC A
0	0.046	0.046
2	0.050	0.048
4	0.058	0.047
6	0.069	0.047
8	0.074	0.067
10	0.068	0.051
12	0.053	0.053
14	0.066	0.062
16	0.063	0.063
18	0.065	0.065
20	0.063	0.078
22	0.062	0.071
24	0.075	0.079
26	0.064	0.077
28	0.079	0.083
30	0.087	0.084
32	0.101	0.091
34	0.108	0.110
36	0.136	0.122
38	0.162	0.141
40	0.182	0.128
42	0.131	0.114
44	0.138	0.100
46	0.118	0.114
48	0.142	0.115

Lampiran 6. Data Pengukuran Power Density ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) pada Pengoperasian Reaktor MFC Selama 48 Jam

Cara mencari power density

$$P\left(\frac{\text{mW}}{\text{M}^2}\right) = \frac{VI}{A}$$

Keterangan :

P = Power Density ( $\text{mW}/\text{m}^2$ )

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (mA)

A = Luas permukaan Anoda =  $2(\pi r^2) + 2(\pi r t)$


r = jari-jari (m)

t = tinggi (m)

Waktu (Jam)	Reaktor MFC B	Reaktor MFC A
0	145.3697301	81.77434031
2	182.6387625	1837.343039
4	197.5250227	2251.346679
6	200.9584471	2470.063694
8	195.5232029	1754.892326
10	25.33606309	1507.625114
12	24.31301183	1826.527146
14	29.96178344	2197.343039
16	21.84713376	1905.03488
18	14.54807401	1027.070064
20	9.872611465	957.6008493
22	5.904458599	912.1474067
24	6.557476494	760.9463148
26	5.347892023	850.4761905
28	3.501364877	695.1410373
30	4.98392478	1059.463148
32	4.417652411	591.8380346
34	5.404913558	535.2866242
36	4.809220503	811.1859266
38	3.734000607	821.5771914
40	3.515923567	752.3809524
42	2.135881104	669.1810737
44	2.10403397	581.1191993
46	2.076433121	467.2247498
48	1.408856536	584.7133758



**Lampiran 7. Laporan Hasil Uji Parameter COD**



**Kementerian Perindustrian**  
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
**BALAI BESAR KULTI, KARET DAN PLASTIK**  
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI  
Jalan Sokonandi No. 9 Telp. (0274) 512929, 563939 Fax. (0274) 563655  
YOGYAKARTA - 55166



**KAN**  
KALIBRASI DAN KONTROL

---

Nomor Seri : 2018.b.1000/H

NO : PA - 10 - LPK  
Halaman : 1 dari 1

**SURAT TANDA UJI (STU)**  
(Testing Certificate)

<b>Nomor Pengujian</b>	: 1000/LUKKAL-LC/V/18	<b>Test Report Number</b>	
<b>Bahan / Barang</b>	: Limbah cair tempe	<b>Material / Commodity</b>	
<b>Kondisi Sampel</b>	: Coklat, berbau, dikemas dalam botol plastik vol. 250 ml	<b>Condition of Sample</b>	
<b>Merek / Kode</b>	: -	<b>Mark / Code</b>	
<b>Contoh Diterima Tanggal</b>	: 28 Mei 2018	<b>Sample Received on</b>	
<b>Contoh Mulai Diuji Tanggal</b>	: 29 Mei 2018	<b>Sample Start Tested on</b>	
<b>Dibuat Untuk</b>	: Yth. Andika	<b>Name and Address of Client</b>	Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
<b>Metoda Uji</b>	: SNI	<b>Testing Methods</b>	
<b>Hasil Pengujian</b>	: Sebagai berikut	<b>Test Result</b>	

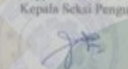
NO	MACAM UJI	HASIL UJI	METODE UJI
1.	COD - Control - Awal - Gerabah	mg/L 44472,0 38352,0 53040,0	SNI 6989.73:2009

**Catatan :**

- Pengambilan contoh uji dilakukan oleh pelanggan
- Parameter uji sesuai permintaan pelanggan

Yogyakarta, 6 Juni 2018  
Kepala Seksi Pengujian



**Indriyana Pratiwi Hariyani**  
NIP. 196108261982032002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Hanya berlaku untuk sampel yang telah dilakukan pemeriksaan menggunakan mesin analisis sampel dan telah terverifikasi oleh LPK-BBKKP  
The result of this testing is valid for the mentioned sample only after copy to their permission of the client and LPK-BBKKP

**Lampiran 8. Foto Dokumentasi****Running MFC****Reaktor MFC A****Reaktor MFC B**

## Lampiran 9. Uji Statistika

### Optical Density

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	MFC B	MFC A
Mean	0,09225	0,08375
Variance	0,001444	0,000796
Observations	24	24
Pooled Variance	0,00112	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	46	
t Stat	0,879859	
P(T<=t) one-tail	0,191755	
t Critical one-tail	1,67866	
P(T<=t) two-tail	0,383509	
t Critical two-tail	2,012896	

### Tegangan

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	MFC B	MFC A
Mean	0,922708333	0,838041667
Variance	0,005925868	0,005874563
Observations	24	24
Pooled Variance	0,005900216	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	46	
t Stat	3,818292065	
P(T<=t) one-tail	0,000200166	
t Critical one-tail	1,678660414	
P(T<=t) two-tail	0,000400333	
t Critical two-tail	2,012895567	

**Kuat Arus**

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	MFC B	MFC A
Mean	0,160833333	4,357643
Variance	0,086282928	5,680577
Observations	24	24
Pooled Variance	2,883429779	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	46	
t Stat	8,895368099	
P(T<=t) one-tail	7,34308E-12	
t Critical one-tail	1,678660414	
P(T<=t) two-tail	1,46862E-11	
t Critical two-tail	2,012895567	

**Power Density**

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	MFC B	MFC A
Mean	32,81772571	483,4598625
Variance	4,80E+18	9,17E+18
Observations	24	24
Pooled Variance	6,98E+18	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	46	
t Stat	2,035493407	
P(T<=t) one-tail	0,023792735	
t Critical one-tail	1,678660414	
P(T<=t) two-tail	0,047585471	
t Critical two-tail	2,012895567	

## CURICULUM VITAE



Nama : Andika

Jenis Kelamin : Laki-laki

Tempat , Tanggal lahir : Klaten, 3 Juli 1993

Alamat : Gaden, Trucuk, Klaten

No. Hp : 083841046336

Email : [Dika.poetra93@gmail.com](mailto:Dika.poetra93@gmail.com)

Agama : Islam

Riwayat Pendidikan :

1. MI Gaden 1
2. SMP N 1 Trucuk
3. SMK N 1 Trucuk
4. UIN Sunan Kalijaga

Riwayat Organisasi : -